Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXIII. Jahrgang. **Drittes Heft.** Mai 1910.

Hilfsmittel für Schülerübungen zur Mechanik fester Körper.

Von
Prof. Dr. **Karl Noack** in Gießen.

Für einen besonderen Zweck hatte ich vor einiger Zeit ein Instrumentarium zusammengestellt, das zum experimentellen Studium der Mechanik fester Körper bei Schülerübungen dienen sollte; das Gerät hat sich für diesen Zweck sehr gut bewährt, und ich glaube deshalb im Interesse der Sache zu handeln, wenn ich es an dieser Stelle beschreibe und damit weiteren Kreisen zugänglich mache.

Da die grundlegenden Teile dieses einfachen Instrumentariums bei den verschiedenen Aufgaben immer wieder verwendet und für die besonderen Zwecke durch spezielle Teile ergänzt werden, so muß dasselbe als ein Universalapparat für das experimentelle Studium der Mechanik bezeichnet werden. Im allgemeinen stehe ich zwar auf dem Standpunkt derjenigen Physiklehrer, die Universalapparate für die physikalischen Schulsammlungen für wenig geeignet und empfehlenswert halten; im Hinblick aber auf die besondere Bestimmung des Gerätes dürften in diesem Falle die betreffenden Bedenken nicht berechtigt sein. Im Gegenteil wird man es für einen Vorzug halten müssen, wenn in jedem einzelnen Falle der Schüler genötigt ist, sich seinen Apparat zunächst den besonderen Zwecken und Bedürfnissen des Versuches und der zu lösenden Aufgabe entsprechend selbständig zusammenzustellen; denn den Schüler vor den fertig aufgestellten Apparat zu führen mit der Aufforderung: „Bitte, lesen Sie ab," würde doch für unsere Zwecke wenig ratsam sein. Ausschlaggebend für die besondere Anordnung war aber ein anderer Grund. Sollen auf der unteren Stufe des physikalischen Unterrichts gemeinsame praktische Schülerübungen, also Klassenübungen, allgemeinen Eingang finden, so ist das nur möglich, wenn die notwendigen Apparate in der erforderlichen Anzahl angeschafft werden können. Dazu dürfen sie aber trotz solider und zuverlässiger Ausführung nicht teuer sein. Aus diesen Erwägungen heraus ist der Apparat zu beurteilen; er wird von W. Schmidt, mechanische Werkstätte, Gießen, zu dem Preise von 90 Mark[1]) hergestellt, was gewiß nicht zu teuer ist, wenn man erwägt, daß derselbe das Arbeitspensum von ungefähr $1^1/_2$ Jahren umfaßt. Ich möchte aber darauf aufmerksam machen, daß ein geschickter Physiklehrer die Vorrichtung leicht selbst anfertigen kann, von einigen wenigen Teilen, wie Rollen und Torsionskopf, abgesehen; das erste Exemplar wurde im Handfertigkeitspraktikum des hiesigen physikalischen Instituts in durchaus befriedigender Weise ausgeführt.

Die Beschreibung der Vorrichtung, die ich in den folgenden Zeilen gebe, ist nicht nach systematischen oder methodischen Gesichtspunkten geordnet; ich habe es im Interesse der Einfachheit, und um Wiederholungen zu vermeiden, vielmehr vorgezogen, mich an eine mehr äußerliche Richtschnur zu halten und den Apparat zu schildern, wie er sich aus seinen einzelnen Bestandteilen aufbaut.

[1]) 3 Stück zu 255 M; 6 Stück zu 480 M.

1. In der Mitte eines auf drei Stellschrauben stehenden Grundbrettes (Fig. 1) von 35 : 22,5 : 2,5 cm erhebt sich eine senkrechte Wand von weichem Holz, z. B. Pappelholz, 60 cm hoch, 35 cm breit und 2,5 cm dick. An ihren Rändern können zwei kleine, aber kräftige Klemmen oder Schraubenzwingen verschoben und festgeschraubt werden, an deren Rücken senkrecht zur Ebene des Brettes geschlitzte Messingröhren angelötet sind. In diese Röhren werden die 10 cm langen Achsen zweier sehr sorgfältig gearbeiteter kleiner Rollen von 5 cm Durchmesser eingesteckt und so verschoben, daß die Rollen parallel zur Wand je nach Bedarf in Entfernungen von 1 bis 7 cm einstehen. In Verbindung mit einem Satz von 20 mit Doppelhaken versehenen Bleikugeln von je 50 g Gewicht und dreier in einem Punkte verknüpfter Seidefäden mit Drahthäkchen an den Enden, von denen zwei über die Rollen gelegt werden, dient diese Vorrichtung zur Prüfung des Gleichgewichtes dreier an einem Punkte angreifender

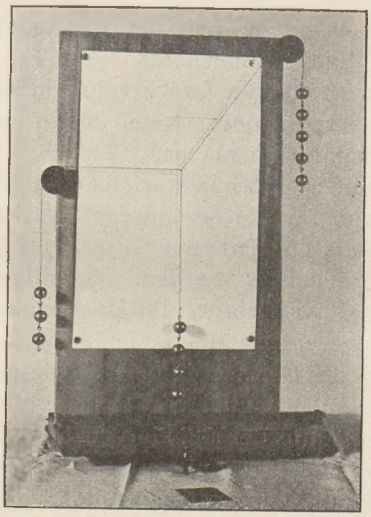


Fig. 1.

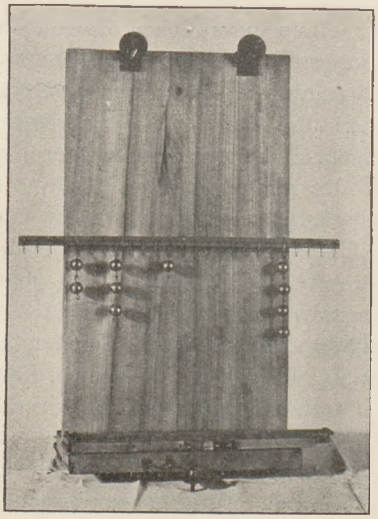


Fig. 2.

Kräfte. Auch sind zwei kleine Wagschalen zu je 10 g Gewicht beigegeben, so daß man nach Wunsch eine oder zwei Kräfte auch durch aufgelegte Gewichte von beliebigem Betrag herstellen kann.

Man kann diese Aufgabe je nach der Unterrichtsstufe oder den besonderen Verhältnissen konstruktiv oder rechnerisch behandeln. Im ersten Falle stiftet man ein Blatt Papier von passender Größe auf die Wand und projiziert mit Hilfe eines kleinen rechtwinkligen Dreiecks bzw. durch Unterlegen eines kleinen Glasspiegels den Knotenpunkt der drei Fäden und je einen zweiten entfernten Punkt derselben auf das Papier; hierauf wird der Bogen abgenommen und entweder das Parallelogramm konstruiert oder der Projektionssatz bewiesen; oder man bestimmt für die rechnerische Behandlung mit Hilfe eines auf die Wand konzentrisch mit dem Fadensystem aufgestifteten Vollkreistransporteurs auf Papier die drei Winkel und prüft den Sinussatz.

2. In der Mitte der Wand in einer Höhe von 30 cm ist ein Messingröhrchen von 2 mm lichter Weite in eine senkrechte Bohrung eingelassen, in das ein Stahlstift von 5 cm Länge mit leichter Reibung eingesteckt werden kann, so daß er 2,5 cm senkrecht aus der Wand vorsteht. Auf diesen Stift als Achse wird ein leichter Hebel aus Holz von 42 cm Länge aufgesetzt und durch eine kleine vorgeschraubte Mutter gegen das Abgleiten gesichert (Fig. 2). Dieser Hebel trägt von 2 zu 2 cm kurze, dünne, senkrecht durchgesteckte Stahlstifte, an die in bekannter Weise leichte Bügel aus Messingdraht von 1 mm Dicke zur Aufnahme der Hakengewichte angehängt sind. Mit dieser Vor-

richtung können, eventuell unter Benutzung der Rollen, die Aufgaben über den einarmigen bzw. zweiarmigen Hebel in der herkömmlichen Weise gelöst werden.

3. Entfernt man den Hebel, so kann man auf den Achsenstift eine leichte Kreisscheibe aus mehrfach verleimtem Holz von etwa 25 cm Durchmesser und 7 mm Dicke um ihren Mittelpunkt drehbar aufstecken. Auf diese Scheibe sind konzentrische Kreise mit von cm zu cm wachsenden Radien aufgezeichnet sowie acht symmetrisch liegende Durchmesser; in den Kreuzungspunkten ist die Scheibe senkrecht durchbohrt mit Löchern von 1 mm Durchmesser. Um stabiles Gleichgewicht zu erzielen, ist radial in den Umfang der Scheibe ein 3 mm dicker Stahldraht eingeschraubt, der in eine scharfe Spitze endigt und nahe dieser Spitze eine kleine Bleikugel trägt. Auch diese Scheibe dient zum Studium der Gleichgewichtsbedingungen von Kräften an einem Körper, der um eine feste Achse drehbar ist. Die Gleichgewichtslage ist dadurch gekennzeichnet, daß die Spitze des Stahldrahtes ebenso wie bei ganz unbelasteter Scheibe als Zeiger auf die Mittellinie einsteht, die senkrecht auf der Wand des Gestelles aufgezeichnet ist. Um größere Ausschläge der Scheibe zu verhindern und die Herstellung des Gleichgewichts zu erleichtern, dient eine kurze Gabel, die an passender Stelle in eine Bohrung der Wand eingesteckt werden kann und den radialen Zeiger der Scheibe umfaßt. Beim Gebrauch werden in beliebige Bohrungen kurze Messingdrähte von 1 mm Durchmesser eingesteckt, die in kleine Ringösen mit eingeknüpften Seidefäden endigen; an den anderen Enden haben diese Fäden Schlingen zur Aufnahme von Hakengewichten bzw. zum Anhängen der Wagschalen. Man kann auf die Scheibe beliebig viele senkrechte und mit Hilfe der beiden Rollen zwei beliebig gerichtete Kräfte wirken lassen und somit leicht Gleichgewicht herstellen und den Momentensatz prüfen. Dabei tut man gut, die Fäden auf eine größere Länge hin über die Scheibe gehen zu lassen, damit man den Hebelarm leichter finden kann, indem man feststellt, welchen Kreis der betreffende Faden berührt, wobei man die Bruchteile der Zentimeter in den Intervallen schätzt.

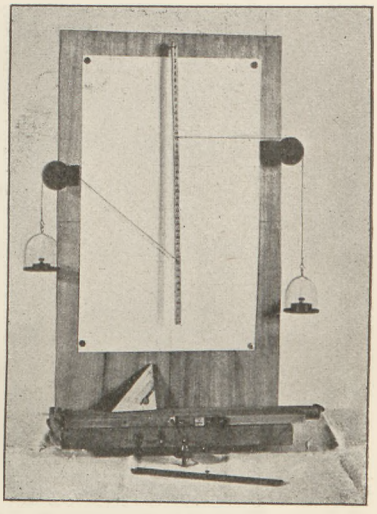


Fig. 3.

4. Nahe dem oberen Rand ist in der Mitte der Wand ein zweites Messingröhrchen eingelassen, in welches ebenfalls der erwähnte Achsenstift eingesteckt werden kann. In dieser Lage dient er als Achse für einen 42 cm langen dünnen Holzstab (Fig. 3), der von cm zu cm durchbohrt ist. Hängt man diesen Stab mit seiner letzten Durchbohrung senkrecht vor der Wand auf, so kann man mit Hilfe der in 3. benutzten Ösenstifte und der beiden Rollen die Gleichgewichtsbedingung zweier auf den Stab wirkender wagerechter oder schräger Kräfte aufsuchen. Die Vorrichtung ist besonders geeignet zur graphischen Ableitung des Projektionssatzes für den Fall, daß eine oder beide Kräfte nicht senkrecht zum Hebel gerichtet sind. Man stiftet zu diesem Zweck hinter dem Hebel ein Blatt Papier auf die Wand, auf das man mit dem schon benutzten rechtwinkligen Dreieck aus Holz die Hebelarme und Kraftpfeile aufzeichnet, um dann konstruktiv die Projektionen und damit die Momente zu gewinnen.

5. An dem mehrfach erwähnten Achsenstift kann ferner ein sehr leichter Holzstab von ungefähr 30 cm Länge drehbar um seinen Schwerpunkt befestigt werden, der am einen Ende eine Durchbohrung parallel der Achse zur Aufnahme eines der kleinen Ösenstifte und dicht dabei einen Zeiger von 12 cm Länge aus dünnem Stahldraht hat, der rechtwinklig zur Drehachse und zur Längsachse des Stabes durch letzteren hin-

durchgesteckt (Fig. 4) ist. In die Bohrung am Ende dieses im indifferenten Gleichgewicht befindlichen Hebels steckt man einen Ösenstift, an den zwei Seidefäden angeknüpft sind; an den einen davon hängt man eine oder mehrere Hakenkugeln oder eine Wagschale mit Gewichten, den andern führt man seitwärts über eine Rolle und belastet ihn gleichfalls. Nun kann man die Rolle derart verschieben bzw. die Belastung so variieren, daß Gleichgewicht eintritt, entweder während der Faden horizontal verläuft, oder während er mit dem Hebel einen rechten Winkel bildet, d. h. dem erwähnten Zeiger parallel läuft. Projektion der Kräfte nach Größe und Richtung auf ein an die Wand angestiftetes Blatt Papier und konstruktive Behandlung führt zum Tangenten- bzw. Sinussatz; will man die Aufgabe rechnerisch lösen, so wird die schon in 1. erwähnte Kreisteilung auf Papier an die Wand angestiftet; eine Nadelspitze am Ende des Hebels gestattet die genaue Messung des Einstellungswinkels.

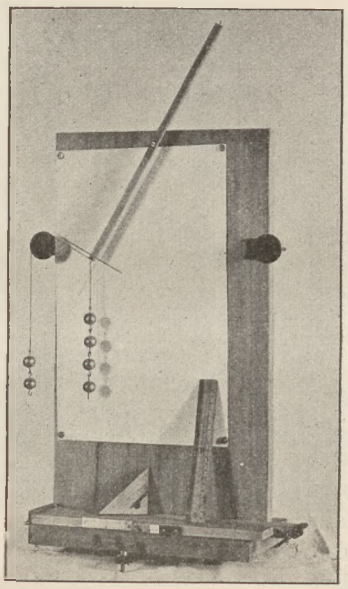


Fig. 4.

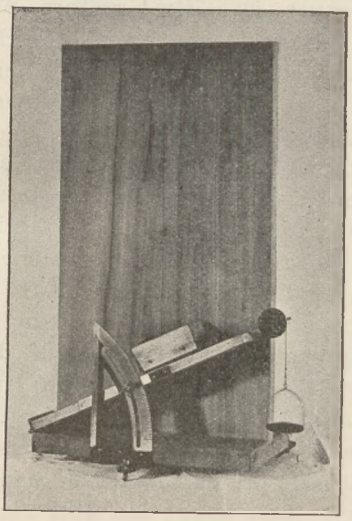


Fig. 5.

6. An der linken Seite des Grundbrettes und bündig mit seiner Vorderkante ist mittels eines Scharnieres ein glatt gehobeltes und abgeschliffenes Brett von den Maßen 40 : 10 : 2 cm befestigt, das zu Versuchen über die Gesetze der schiefen Ebene dient (Fig. 5). Ein Kreissegment mit Millimeterteilung an der Sehne und Gradteilung am Bogen kann man mit Hilfe zweier Schraubenbolzen und Muttern rasch an der Vorderkante des Grundbrettes so befestigt werden, daß der Mittelpunkt des Bogens in den Drehpunkt des Scharnieres fällt; ein in die Vorderkante des beweglichen Brettes eingelassener Schraubenbolzen bewegt sich in einer Nut des Segments, so daß mit Hilfe einer Flügelschraube die schiefe Ebene in jeder Lage festgeklemmt werden kann. An den Vorderkanten von Grundbrett und schiefer Ebene befinden sich Längenteilungen, deren gemeinsamer Nullpunkt ebenfalls im Drehpunkt des Scharnieres liegt. Am rechten Ende der schiefen Ebene ist ein Winkel mit angelöteter Hülse angeschraubt, in welche die Achse einer der Rollen eingesteckt werden kann. Als Last dient ein leichter Wagen aus Laubsägeholz, der zur Aufnahme von Gewichten eingerichtet ist. In dieser einfachen Ausführung kann die Vorrichtung nur dazu dienen, das Gesetz der schiefen Ebene für den Fall zu untersuchen, daß die Kraft parallel zur schiefen Ebene ist; die Anwendung von Kräften parallel zur Basis und die Messung des Druckes auf die Unterlage würden weniger einfache Einrichtungen erfordern, zu denen ich mich

nicht entschließen konnte, zumal man die hierbei auftretenden Verhältnisse in anderer Weise studieren kann.

7. Zur Untersuchung der Gesetze der Reibung dient ein hohler Holzwürfel mit einer offenen Seite und vier kleinen Haken auf der entgegengesetzten; diese Haken sind in den Diagonalen der Würfelfläche so eingeschraubt, daß ein daran befestigter und über die Rolle gelegter Faden der schiefen Ebene parallel läuft. Damit der Würfel sich nicht drehen kann, benutzt man einen Faden, der sich in der Nähe des Würfels gabelt und an zwei Haken befestigt wird. Von den vier anderen Würfelflächen ist eine mit geschliffenem Holz belegt, die Faser parallel der Zugrichtung, eine zweite mit zwei schmalen Leistchen derselben Holzsorte und gleicher Faserrichtung, um die Unabhängigkeit der Reibung von der Größe der Fläche zu prüfen, die dritte mit Glas, die vierte mit Eisen. Der Druck auf die Unterlage kann dadurch geändert werden, daß man Gewichtstücke ins Innere des Würfels legt. Zunächst kann man bei wagerechter Lage der schiefen Ebene die Kraft bestimmen, die gerade eben den ruhenden Würfel in Bewegung zu setzen vermag oder den leicht angestoßenen in Bewegung erhält. Diese Aufgabe kann auf der abgeschliffenen Fläche der schiefen Ebene selbst ausgeführt werden, oder man kann eine von zwei beigegebenen Platten von Glas bzw. von Messing auflegen und somit die Versuchsbedingungen mannigfach ändern.

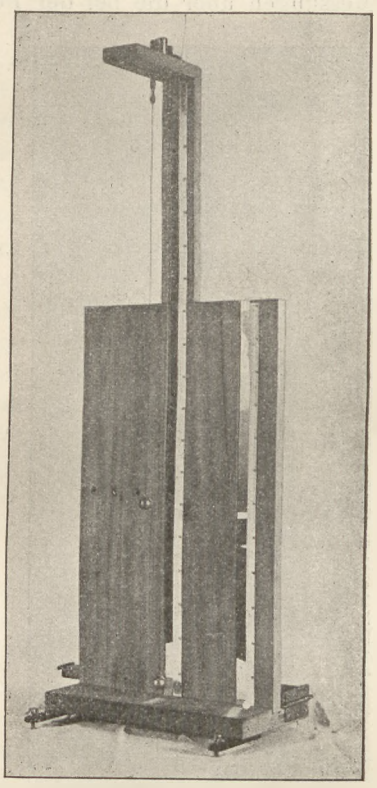


Fig. 6.

Es können aber natürlich die Reibungsgesetze auch auf der schiefen Ebene unter Bestimmung des Reibungswinkels untersucht werden; das Zubehör ist dann dasselbe wie in Absatz 6 und 7.

8. Wenn wir jetzt das Grundbrett herumdrehen, so befindet sich in der Mitte der Rückseite der Wand eine senkrechte Millimeterteilung, die auf Spiegelglas aufgeklebt ist und bis zum oberen Rand reicht; über derselben kann an der oberen Kante der Wand mittels zweier Zapfen eine starke Latte von 30 cm Länge senkrecht angebracht und mit Bolzen und Muttern fest angeschraubt werden (Fig. 6); dieselbe trägt ebenfalls eine auf Spiegelglas aufgeklebte Millimeterteilung, die so angeordnet ist, daß sie sich als Fortsetzung an jene der Rückwand anschließt. Die Bezifferung geht von oben nach unten und umfaßt im ganzen 90 cm. Oben trägt die Latte einen starken Querarm von 15 cm Länge, der demnach etwas über das Grundbrett vorsteht. Das so entstehende Gestell dient zunächst zu messenden Versuchen über Pendelschwingungen. Zur Befestigung zweier Pendelfäden sind in zwei senkrechte Durchbohrungen des Armes in einer gegenseitigen Entfernung von 8 cm zwei Hülsen von Messingrohr von 7 mm lichter Weite eingeschraubt; in diese Hülsen können je eine unten zugelötete und mit einer feinen Durchbohrung von etwa $^1/_2$ mm in der Mitte des Bodens versehene Büchsen eingesteckt werden. Durch die feinen Bohrlöcher wird der Pendelfaden oder Draht von unten durchgesteckt und das obere, überstehende Ende in eine von zwei Klemmen aus federnden Messingblechstreifen, die seitlich an den Querarm angeschraubt sind, eingelegt. Auf diese Weise kann die Länge des Pendelfadens sehr rasch und bequem geändert und ohne weiteres an der Spiegelskala genau gemessen werden. Das obere Ende der Fäden ist allerdings bei

dieser Befestigungsart nicht ganz streng definiert, da beispielsweise ein Faden oder Draht von 0,2 mm Dicke in der Bohrung von 0,5 mm etwas Spielraum hat. Man braucht aber an dieser einfachen Befestigungsart keinen Anstoß zu nehmen, und sie ist deshalb jeder anderen vorzuziehen, weil sie außerordentlich bequem und besonders handlich ist. Durchaus einwandfrei, aber weniger einfach wird die Aufhängung, wenn man zwei in Messingröhrchen von 7 mm äußerem Durchmesser eingelötete Stiftklöbchen in die Hülsen steckt, wie es Fig. 6 darstellt, und in ihnen die Drähte festklemmt.

Als Pendelkörper dienen Kugeln aus Blei und Aluminium, die mit möglichst kurzen Haken versehen sind. Man kann mit der Vorrichtung alle erforderlichen Messungen über die bei der Pendelbewegung maßgebenden Einflüsse vornehmen, wie Abhängigkeit von der Amplitude, Pendelmasse und Fadenlänge. Hängt man eine Blechscheibe bifilar an dem Gestell auf und bringt dahinter eine wagerechte Millimeterteilung an, so kann man auch sehr schön die gedämpften Schwingungen untersuchen bzw. das Dämpfungsverhältnis bestimmen, eine sehr lehrreiche Aufgabe, die wegen verschiedener sachlicher und formaler Beziehungen ein gewisses Interesse beanspruchen darf.

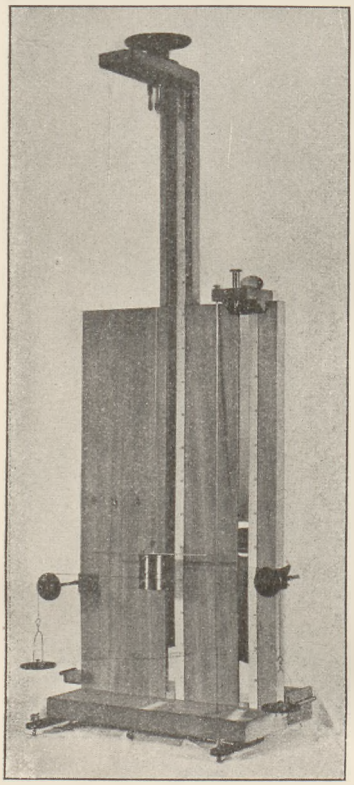


Fig. 7.

9. Der Querarm des Pendelträgers besitzt noch eine dritte, etwas weitere Durchbohrung zwischen den oben genannten, in die eine Messinghülse von 18 mm lichter Weite eingesetzt ist. In dieser Hülse ist mit ziemlich starker Reibung eine etwas engere Messingröhre drehbar, auf welche konzentrisch ein durchbohrter Teilkreis von 10 cm Durchmesser (Vollkreistransporteur) als Torsionskreis aufgelötet ist (Fig. 7). In die Röhre ist konaxial ein stärkeres Stiftklöbchen mit durchgehender Durchbohrung eingelötet. Auf dem äußeren Mantel der Hülse, soweit er über den Querarm herausragt, ist ein Ring drehbar befestigt, der an einem radialen Arm eine Einstellungs- und Ablesemarke für den Torsionskreis trägt; mit Hilfe dieser Einrichtung ist es möglich, vor jeder Messung den Index auf den Nullpunkt des Torsionskreises einzustellen. In das Stiftklöbchen kann der Draht eingeklemmt werden, dessen Torsionselastizität untersucht werden soll. Zu diesem Zweck wird an das untere Ende des Drahtes ein ungefähr 500 g schwerer Messingzylinder von genau 4 cm Durchmesser, in dessen durchbohrter Achse ein ebensolches Stiftklöbchen eingelötet ist, angehängt. Am Mantel werden an Stiften zwei Seidefäden befestigt und einmal herumgeschlungen, sodann über die an der Rückwand angeschraubten Rollen geführt und an den anderen Enden mit Hilfe der angehängten Wagschalen mit den Gewichten belastet, die das drillende Kräftepaar bilden sollen. Um die Bewegung zu begrenzen, trägt der Zylinder an seiner oberen Grundfläche einen mit zwei Zapfen befestigten diametralen wagerechten Arm von 20 cm Länge, dessen beide Enden gabelförmig ausgebildet sind. Diese Gabel kann einen Stahldraht von 65 cm Länge und 3 mm Dicke umfassen, der rechts seitwärts senkrecht eingespannt wird. Dies geschieht in folgender Weise: auf das eine Ende des Drahtes ist ein Messingscheibchen aufgeschraubt und verlötet, auf das andere Ende ist ein Gewinde geschnitten, auf das eine Sechskantmutter geschraubt werden kann. Dieser Draht wird von unten durch eine Durch-

bohrung des Grundbrettes gesteckt, so daß sich das Scheibchen gegen dessen Unterseite anlegt. An der oberen Kante der Wand senkrecht über dem Loch im Grundbrett kann mit Bolzen und Muttern ein kleines starkes Konsolchen angeschraubt werden, das ebenfalls eine Durchbohrung senkrecht über derjenigen des Grundbrettes hat. Durch diese Bohrung wird der Draht ebenfalls durchgesteckt und durch Aufschrauben der Mutter kräftig angezogen. Nun dreht man den Torsionskopf so, daß die Gabel frei wird und den Draht, ohne ihn zu berühren, frei umspielt, und bringt darauf die Ablesemarke dem Nullstrich der Teilung gegenüber. Legt man jetzt beispielsweise 50 g in jede Schale, so daß das von dem Kräftepaar ausgeübte Drehmoment 200 g-cm beträgt, so legt sich unter seinem Einfluß die Gabel an den Draht an, und es bedarf einer Drehung des Torsionskopfes um einen gewissen Betrag, um sie wieder freizumachen. Da sich die Rollen in jeder Höhe bis zum oberen Rand an den Seiten der Wand festklemmen lassen, und man demnach dem zu drillenden Draht jede Länge von ca. 20 cm bis 80 cm geben kann, so läßt sich mit der Vorrichtung die Abhängigkeit der Torsion von der Länge, dem Durchmesser und dem Material des Drahtes leicht und bequem untersuchen.

10. Natürlich können auch die Torsionsschwingungen und Aufgaben über Trägheitsmomente mit dem Apparat behandelt werden. Man entfernt zu diesem Zweck den Arretierungsdraht und den Gabelarm, der auf den Torsionskörper aufgesteckt ist, und kann dann den letzteren als schwingende Masse verwenden. Bei den Messungen über Trägheitsmomente, z. B. mit einer Kreisscheibe von 20 cm Durchmesser, kann man den Torsionskopf in eine zweite Hülse einsetzen, die in den Querarm in einer Entfernung von 12 cm von Säule und Wand eingeschraubt ist. Bei Stäben, die um eine zu ihrer Längsrichtung senkrechte Schwerpunktachse schwingen sollen, ist das natürlich nicht erforderlich; man dreht dann den Torsionskopf, nachdem man den Draht eingeklemmt hat, einfach so lange bis der Stab der Wand parallel steht. Zum Zweck der Befestigung der Drähte sind in Scheibe und Stab kleine Stiftklöbchen eingelötet, die man in Handlungen für Uhrmacherwerkzeug für wenige Pfennige zu kaufen bekommt.

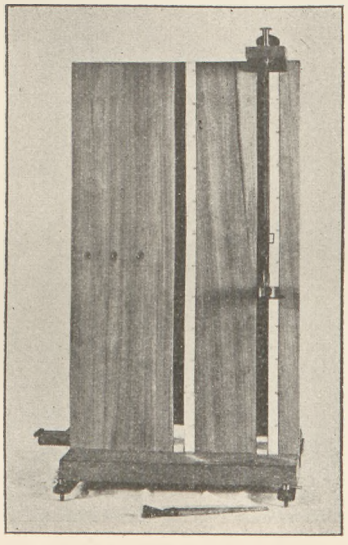


Fig. 8.

11. Das in 9. erwähnte kleine Konsolchen, das rechts am oberen Rand der Wand angeschraubt werden kann, dient auch für die Untersuchung der Elastizität einer Spiralfeder aus Stahldraht oder hartgezogenem Messingdraht. Zu diesem Zwecke wird in eine Durchbohrung der Platte, in die eine Messinghülse von 7 mm lichter Weite als Futter eingeschraubt ist, ein Zylinder mit geändertem Kopf eingesetzt, der unten einen Haken trägt und um seine senkrechte Achse mit leichter Reibung drehbar ist. In diesen Haken hängt man die zu untersuchende Feder ein und hängt an ihr unteres Ende eine Visiermarke, die ihrerseits erst die Wagschale trägt (Fig. 8). Diese Visiermarke ist ein quadratisches Drahträhmchen von 1,5 bis 2 cm Seitenlänge aus hartgelötetem Messingdraht von 1,5 mm Dicke, mit Häkchen in den Mitten der oberen und unteren Quadratseite, von denen eins aus flachgehämmertem Draht gebogen ist, und deren Ebenen der Ebene des Rähmchens parallel sind. In dieses Rähmchen ist ein Glasscheibchen eingekittet, das einen wagerechten Diamantstrich als Ablesemarke hat. Unterhalb des Konsolchens ist auf der Wand eine auf einen Spiegelstreifen aufgeklebte Millimeterteilung angebracht. Die Vorrichtung gestattet ein ebenso bequemes wie zuverlässiges und scharfes Ablesen, zumal man durch Drehung des Kopfes stets dafür Sorge tragen kann, daß die Ebene der Visiermarke auch bei starker Verlän-

gerung der Feder dem Maßstab parallel bleibt. Man kann bei Spiralfedern natürlich zunächst das Hookesche Gesetz beweisen und die Federkonstante bestimmen; aber auch die Untersuchung der Abhängigkeit der Federkonstante von der Zahl der Windungen verschiedener Federn, die alle aus der gleichen Drahtsorte auf denselben Dorn gewickelt sind, ist eine dankbare Aufgabe. Wenn man will, kann man auch die Abhängigkeit der Federkonstante vom Durchmesser der Spirale zur Untersuchung heranziehen; daß auch das Schwingungsgesetz einer an der Spiralfeder hängenden Masse experimentell mit der Vorrichtung behandelt werden kann, bedarf kaum einer besonderen Erwähnung.

12. Eine vollständige Versuchsreihe über die elastische Kraft läßt sich aber auch mit Blattfederstahl durchführen; dafür dient folgende Einrichtung (Fig. 9). An der linken Seite der Wand in halber Höhe, also etwa 30 cm über dem Grundbrett, kann eine kräftige Konsole von Eisen mit Bolzen und Schrauben befestigt werden; gegen die eben geschliffene wagerechte Oberfläche ist eine rechteckige Eisenplatte mit zwei kräftigen Flügelschrauben festgeschraubt. Zwischen diese beiden Backen werden die Blattfedern von 35 cm Länge aus gutem Uhrfederstahl parallel zur Wand eingespannt; an der anderen Seite, genau am Ende, kann die Visiermarke angehängt werden, und zwar so, daß sie stets senkrecht hängt, und ihre Ebene der Biegungsebene der Feder parallel ist. Dies wird in folgender Weise erreicht: gegen das gerade abgeschliffene Ende der Feder wird ein Stückchen einer dünnen Stricknadel dicht angelegt und ein 12 mm breiter Streifen dünnes Messingblech, der so lang ist wie die Feder breit, um beide herumgebogen, so daß er das mit etwas Tinol bestrichene Federende oben und unten ungefähr 5 mm weit bedeckt; dann wird die Stricknadel herausgezogen und das Messingblech in der Stichflamme eines Gebläses vorsichtig erhitzt, bis eben das Tinol schmilzt, ohne daß dabei die Stahlfeder stärker erwärmt wird, als unbedingt erforderlich ist. Hierauf feilt man in der Mitte der Endkante mit einer Rundfeile eine Kerbe in das Messingfutter und das Stahlband und steckt schließlich die Stricknadel wieder in ihre Höhlung. Um das in der Kerbe offen liegende Stück der Stricknadel wird der flache Haken der Visiermarke gehängt. Man braucht zu einer vollständig durchgeführten Versuchsreihe 5 Stahlfedern, alle von 35 cm Länge, 3 von 20 mm Breite und den Blechdicken 1,5 mm, 1 mm und 0,5 mm, 2 von der Dicke 1 mm und den Breiten 15 mm und 10 mm.

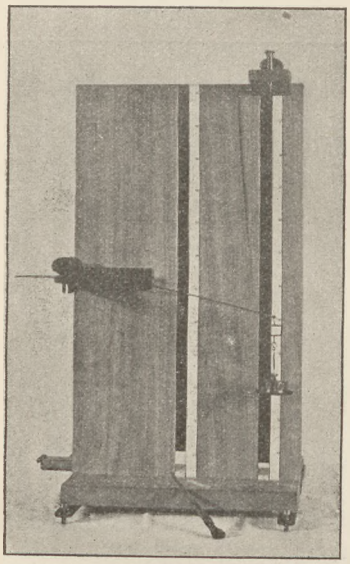


Fig. 9.

Als Ableseskalen können die beiden an der Wand befestigten Spiegelmaßstäbe dienen, auch beim Studium der Abhängigkeit der Elastizität von der Länge; dies wird dadurch erreicht, daß die eiserne Konsole einen Schlitz hat, durch den die Bolzen hindurchgehen, also ein Stück seitwärts verschoben werden kann; wenn diese Verschiebung nicht mehr ausreicht, wird die Konsole abgeschraubt und umgedreht, so daß der Arm zum Einklemmen der Feder links statt rechts zu liegen kommt.

13. Es ist vielleicht nicht unnützlich, zum Schlusse eine kleine, wenn auch nicht erschöpfende, Zusammenstellung von Aufgaben anzufügen, die mit diesem Instrumentarium experimentell behandelt werden können; in der Reihenfolge schließe ich mich bei dieser Aufzählung im allgemeinen dem Gang der obigen Beschreibung des Apparates an. Bei den Zitaten sind folgende Abkürzungen angewendet: H. H. = Hahn, Handbuch für Schülerübungen, Berlin 1909; M. T. = Müller, Technik des

physikalischen Unterrichts, Berlin 1906; N. A. = Noack, Aufgaben für physikalische Schülerübungen, Berlin 1905.

1. Welche Beziehung besteht zwischen drei Kräften, die sich an einem Punkte angreifend im Gleichgewicht halten, und ihren Winkeln? (H. H. S. 56 ff.; N. A. 22.)
2. Wann sind drei in einer Ebene wirkende Kräfte, die an drei verschiedenen Punkten eines Körpers angreifen, im Gleichgewicht? (H. H. S. 84.)
3. Wann sind zwei oder mehr Kräfte an einem Hebel im Gleichgewicht? (H. H. S. 113.)
4. Wann sind zwei oder mehr Kräfte, die an einer um eine Achse drehbaren Scheibe in deren Ebene wirken im Gleichgewicht? (H. H. S. 95 ff.; N. A. 19.)
5. Das Drehmoment eines Kräftepaares zu bestimmen. (M. T. S. 42.)
6. An einem Punkte eines um seinen Schwerpunkt drehbaren Hebels wirken zwei zueinander rechtwinklige Kräfte in der Drehungsebene des Hebels; wann sind dieselben im Gleichgewicht; Tangentengesetz. (M. T. S. 36; H. H. S. 65.)
7. Wie groß ist die rückwirkende Kraft eines Pendels beim Ausschlag α? (M. T. S. 36; H. H. S. 57.)
8. Die Lage des Schwerpunktes verschieden gestalteter Scheiben experimentell zu bestimmen. (H. H. S. 109 ff.)
9. Welche Beziehung besteht zwischen Kraft und Last bei schiefen Ebenen verschiedener Neigung? (N. A. 20.)
10. Wie hängt die Reibung vom Druck auf die Unterlage ab? (H. H. S. 80; N. A. 21.)
11. Wie hängt die Reibung von der Größe der reibenden Flächen ab? (H. H. S. 81; N. A. 21.)
12. Wie hängt die Reibung vom Material der reibenden Flächen ab? Bestimmung des Reibungskoëffizienten. (N. A. 21.)
13. Bestimmung des Reibungskoëffizienten aus dem Reibungswinkel. (H. H. S. 82; N. A. 21.)
14. Wie hängt die Schwingungsdauer eines Pendels von der Amplitude ab? (H. H. S. 151; N. A. 34.)
15. Wie hängt die Schwingungsdauer eines Pendels von der Masse ab? (H. H. S. 153; N. A. 34.)
16. Wie hängt die Schwingungsdauer eines Pendels von der Länge ab? (H. H. S. 153.)
17. Die Beschleunigung der Schwere mit dem Fadenpendel zu bestimmen. (N. A. 33.)
18. Wie nehmen die Amplituden bei gedämpften Schwingungen ab? Bestimmung des Dämpfungsverhältnisses.
19. Welche Beziehung besteht zwischen Torsionswinkel und Torsionskraft? Bestimmung der Torsionskonstante. (N. A. 18.)
20. Wie hängt die Torsionskonstante eines Drahtes von seiner Länge ab? (N. A. 27.)
21. Wie hängt die Torsionskonstante vom Durchmesser des Drahtes ab? (N. A. 28.)
22. Wie hängt die Torsionskonstante vom Material ab?
23. Gilt die allgemeine Schwingungsformel $t = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}}$ auch für Torsionsschwingungen? (N. A. 31.)
24. Wie hängt das Trägheitsmoment einer Masse von ihrem Abstand vom Drehpunkt ab? (H. H. S. 204; N. A. 35.)
25. Das Trägheitsmoment eines Stabes experimentell zu bestimmen. (H. H. S. 203; N. A. 36.)
26. Das Trägheitsmoment einer Scheibe experimentell zu bestimmen (H. H. S. 203; N. A. 36.)

27. Die Größe einer Masse durch Torsionsschwingungen zu bestimmen. (H. H. S. 206.)
28. Welche Beziehung besteht zwischen der Verlängerung einer Spiralfeder und der Spannkraft? Bestimmung der Federkonstante. (H. H. S. 35; N. A. 16.)
29. Wie hängt die Federkonstante von der Zahl der Windungen ab?
30. Wie hängt die Federkonstante vom Durchmesser der Windungen ab?
31. Hängt die Schwingungsdauer einer Masse an einer Spiralfeder von der Amplitude ab? (H. H. S. 189.)
32. Hängt die Schwingungsdauer einer Masse an einer Spiralfeder von der Federkonstante ab? (H. H. S. 191.)
33. Hängt die Schwingungsdauer einer Spiralfeder von der Größe der Masse ab? (H. H. S. 190; N. A. 29.)
34. Welche Beziehung besteht zwischen der Biegung eines Stabes und der Spannkraft? Bestimmung der Federkonstante. (N. A. 17.)
35. Wie hängt die Federkonstante von der Länge ab? (N. A. 25.)
36. Wie hängt die Federkonstante von der Breite ab? (N. A. 26.)
37. Wie hängt die Federkonstante von der Dicke ab? (N. A. 26.)
38. Gilt die allgemeine Schwingungsformel auch für die Schwingungen einer Masse an einer Blattfeder? Einfluß der Amplitude, Federkonstante und Masse. (N. A. 30.)

Auch kann der Apparat als Jollysche Federwage dienen, um spezifische Gewichte zu bestimmen und ähnliche Aufgaben zu lösen (N. A. 1—7; 10—12). Am besten bedient man sich zu diesem Zwecke der Substitutionswägung, indem man zunächst die Einstellung der Marke bestimmt, wenn das zu wägende Objekt auf der Schale liegt, und hierauf dieses durch Gewichtstücke ersetzt und durch Interpolation aus zwei benachbarten Einstellungen den genauen Wert des Gewichtes ermittelt.

Bestimmung des elektrochemischen Aquivalents von Metallen ohne Wägung.

Von

Walther Stephan in Burgsteinfurt.

Die experimentelle Bestätigung des Faradayschen Gesetzes durch die Elektrolyse von Metallsalzlösungen ist eine wesentliche Aufgabe im physikalischen Unterricht auf der Oberstufe. Ihre Erledigung wird erschwert durch die Zeit, welche der einzelne Versuch auch bei sorgfältigster Vorbereitung und geübter Ausführung in Anspruch nimmt. Einen beträchtlichen Teil dieser Zeit erfordert die Behandlung der Kathode vor und nach der Elektrolyse und besonders ihre Wägung; so wird es nicht möglich, mehr als eine Messung in einer Lehrstunde vorzunehmen. Andererseits erscheint es notwendig, wenigstens zwei Zersetzungsversuche — etwa mit *Cu* und *Ag* oder mit zweiwertigem und einwertigem *Cu* — nach der Bestimmung des Wasserstoffäquivalents auszuführen.

Die im folgenden mitgeteilte Versuchsanordnung ersetzt die Massenwägung durch die Messung eines elektrischen Widerstandes. Sie gestattet, mehrere Versuche zusammenhängend in einer Unterrichtsstunde anzustellen und auszuwerten.

I. Physikalische Grundlage. Wenn auf einen drahtförmigen Leiter elektrolytisch ein gleichmäßig starker Metallmantel niedergeschlagen wird, so verringert sich der Widerstand der Kathode. Durch Messung des ursprünglichen und des neuen Widerstandes läßt sich die Masse des niedergeschlagenen Metalls bestimmen.

II. Theorie. Es sei l die Länge der drahtförmigen Kathode, w_0 der ursprüngliche, w_1 der nach der Elektrolyse gemessene Widerstand derselben, m die Masse des abgeschiedenen Metalls, s sein spezifisches Gewicht, μ sein spezifischer Widerstand. Dann ist

$$\text{der Querschnitt des Niederschlags gleich } \frac{m}{l \cdot s},$$

$$\text{der Widerstand des Metallmantels gleich } \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{m},$$

also ist der Widerstand der Kombination Draht-Metallmantel gegeben durch:

$$\frac{1}{w_1} = \frac{1}{w_0} + \frac{m}{l^2 \cdot \mu \cdot s}.$$

Hieraus folgt:

1) $$m = l^2 \cdot \mu \cdot s \left(\frac{1}{w_1} - \frac{1}{w_0} \right) = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0} \cdot \frac{\Delta w}{w_1}.$$

Beziehen sich die Bezeichnungen m_0, μ_0, s_0 in entsprechender Bedeutung auf die ursprüngliche Kathode (die Kathodenseele), so wird:

$$m = m_0 \cdot \frac{\mu \cdot s}{\mu_0 \cdot s_0} \cdot \frac{\Delta w}{w_1} = m_0' \cdot \frac{\Delta w}{w_1}.$$

m_0' kann als die (auf das Elektrolytmetall) reduzierte Anfangsmasse der Kathode bezeichnet werden. Die zuletzt gewonnene Form der Gleichung für m zeigt die Homogenität beider Seiten am deutlichsten, während zur Auswertung von Versuchen Gleichung 1) geeigneter ist.

III. Nebenschließung durch den Elektrolyten. Es kann vorteilhaft sein, den Widerstand der Kathode zu messen, während sie in den Elektrolyten eintaucht. In diesem Falle findet ein Nebenschluß durch die Flüssigkeit längs des Drahtes statt.

Bezeichnen jetzt w_0', w_1' die Werte des Widerstandes zwischen den Endpunkten der Kathode, λ_0, λ_1 die Leitwerte der Nebenschließung vor und nach der Elektrolyse, so wird:

$$m = l^2 \cdot \mu \cdot s \left(\frac{1}{w_1'} - \frac{1}{w_0'} - \lambda_1 + \lambda_0 \right)$$

$$= \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta w'}{w_1'} \left(1 - \frac{\Delta \lambda}{\Delta \frac{1}{w'}} \right).$$

Die Änderung $\Delta\lambda$, welche der Leitwert des Nebenschlusses während der Elektrolyse erfährt, hat zwei Ursachen: die Temperaturerhöhung des Elektrolyten durch Joulesche Wärme und die Oberflächenvergrößerung der Kathode. Von diesen darf die erste infolge der Versuchsanordnung vernachlässigt werden, wie an späterer Stelle noch gezeigt werden wird.

Die Zunahme des Leitwerts λ wegen der Vergrößerung der Kathodenoberfläche erfolgt jedenfalls relativ langsamer als diese, da λ außerdem durch die festen Grenzen der Zersetzungskammer bestimmt wird; die Vergrößerung der Oberfläche ist proportional der Dickenzunahme der Kathode, während $1/w$ mit dem Quadrate dieser Dicke wächst. Hieraus folgt, indem $\Delta\lambda/\lambda$ als kleine Größe behandelt wird, als obere Grenze:

$$\frac{\Delta \lambda}{\Delta \frac{1}{w'}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu}{\mu_0} \cdot \frac{\lambda_0}{\frac{1}{w_0'}}.$$

Dieser Grenzwert beträgt bei der getroffenen Versuchseinrichtung, wenn das Elektrolytmetall Kupfer oder Silber ist, weniger als 1% und darf deshalb ebenfalls unberücksichtigt bleiben.

Bei genauen Messungen an schlecht leitenden Metallen läßt sich ein schnelles Füllen und Entleeren der Zersetzungskammer dadurch bewirken, daß an dieselbe ein kommunizierendes Gefäß angeschlossen wird, welches sich heben und senken läßt.

Unter Fortlassung des Korrektionsgliedes erhält man demnach:

2) $$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta w'}{w_1'}.$$

IV. Äußere Zuleitungen. Bei der Herstellung eines für die beabsichtigten Messungen geeigneten Zersetzungsapparates erwies es sich als technisch schwierig, die Kathode innerhalb des Elektrolyten durch scharf definierte Verzweigungspunkte zu begrenzen. Es wurden deshalb einfache, gegen den Elektrolyten isolierte Zuleitungen angeordnet, deren unveränderter Widerstand mitgemessen wird.

Es sei nun W_0 der anfängliche, W_1 der Endwiderstand der Kathode einschließlich der mit ihr in Reihe liegenden Zuleitungen und $W_0 - W_1 = w_0' - w_1' = \Delta W$, dann geht die Gleichung für m über in:

3) $$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta W}{w_0' - \Delta W}.$$

Da die im Versuche zu ermittelnde Größe ΔW die Differenz zweier Messungswerte ist, so ist zur Erreichung genauer Werte für m der Widerstand der Zuleitungen selbst klein gegen w_0' zu nehmen.

V. Der Messungsapparat (Fig. 1). Das zur Ausführung der Messungen dienende Zersetzungsgefäß besteht aus zwei durch die Kapillare c miteinander verbundenen Kammern. Ein dünner, gerade gestreckter Platindraht bildet die Kathode k; er ist in die Böden kurzer, in die Kathodenkammer hineinragender Glasglocken eingeschmolzen, in welche dicke, unmittelbar hinter der Schmelze mit dem Platindraht hart verlötete Kupferdrähte eingekittet sind. In die Deckelkappe der Anodenkammer ist die Anode a mittels Glasschliffs eingesetzt. Dadurch ist es möglich, das Anodenmetall je nach den Versuchsbedingungen bequem zu wechseln. Das Röhrchen r gestattet die Füllung des Apparates.

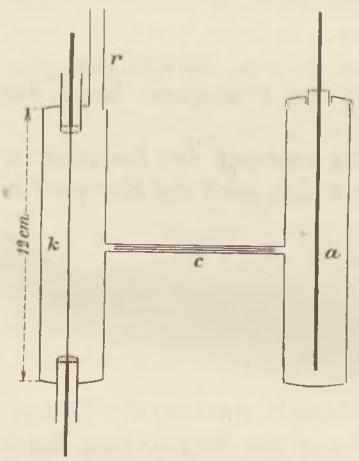


Fig. 1.

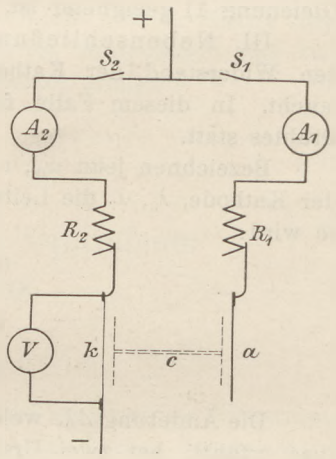


Fig. 2.

Der Spannungsabfall zwischen a und k erfolgt so gut wie ausschließlich in der Kapillare c; hierdurch ist für die gleichmäßige Stärke des auf der Kathode niedergeschlagenen Metallmantels gesorgt.

VI. Messungsanordnung (Fig. 2). Der die Elektrolyse bewirkende Strom geht über den Schalter s_1 durch den Strommesser A_1 und den Widerstand R_1 zur Anode a, von hier durch den Elektrolyten zur Kathode k.

Der zur Messung des Kathodenwiderstandes dienende Strom wird durch den Schalter s_2 geschlossen und geht durch den Strommesser A_2 über den Regulierwiderstand R_2 und durch die Kathode k. An den Zuleitungen derselben liegt der Spannungsmesser V.

Beide Stromkreise liegen an einer gemeinsamen Spannung, z. B. der Netzspannung von 110 Volt.

VII. Vereinfachte Schaltung (Fig. 3). Da der Meßstrom nur zeitweise — zu Beginn und am Ende des Versuches — abzulesen ist, kann ein einziger Strommesser A mit Umschalter u gebraucht werden. Die Schaltungsskizze Fig. 3 zeigt, wie erforderlichenfalls durch Anlegung eines Nebenschlusses N der Meßbereich des Instruments beiden Stromstärken entsprechend verändert werden kann.

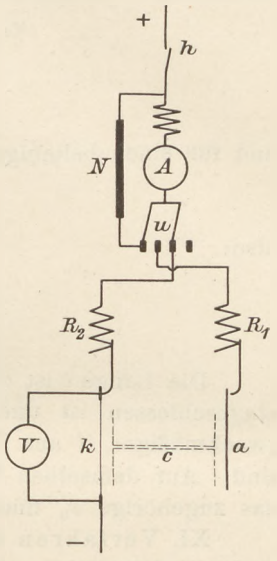


Fig. 3.

VIII. Umformung der Gleichung für m. Es bezeichnen J_0 den zu Beginn abgelesenen Meßstrom, P_0 die zugehörige Spannung, J_1 und P_1 die entsprechenden Werte nach der Elektrolyse. Der Widerstand γ des Spannungsmessers V wird so groß gewählt, daß P/γ gegen J innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Ablesungen verschwindet. Dann ist:

$$\Delta W = \frac{P_0}{J_0} - \frac{P_1}{J_1}$$

und

$$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{P_0 J_1 - P_1 J_0}{w_0' J_0 J_1 - P_0 J_1 + P_1 J_0}.$$

Ist ferner w_0' gegen den ganzen Widerstand des Meßstromkreises klein, so ist $J_1 = J_0$, wenn die Spannung, an welcher die ganze Anordnung liegt, unverändert geblieben ist. Sollte sich dieselbe zwischen beiden Messungen verändert haben, so können doch beide Stromstärken durch Einregulieren des Widerstandes R_2 (Fig. 3) auf den gleichen Betrag J gebracht werden. Unter dieser Bedingung wird:

4) $$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{P_0 - P_1}{J \cdot w_0' - P_0 + P_1} = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta P}{J \cdot w_0' - \Delta P}.$$

$J \cdot w_0'$ ist die Spannungsdifferenz, welche das unmittelbar an die Endpunkte der niederschlagfreien Kathode gelegte Voltmeter zeigen würde. Wird dieselbe mit P_0' bezeichnet, so ist:

5) $$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta P}{P_0' - \Delta P}.$$

An die Stelle der wahren Werte für P_0' und ΔP können ihnen proportionale Größen, also vorteilhaft die zugehörigen Ausschläge $\mathfrak{P}_0'$ und $\Delta\mathfrak{P}$ des Spannungsmessers gesetzt werden. Dann wird schließlich:

6) $$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{\mathfrak{P}_0' - \Delta\mathfrak{P}}$$

IX. Gleichung für das elektrochemische Äquivalent. Bezeichnet $Q = \int i\,dt$ die zur Elektrolyse aufgewandte Strommenge, so ist:

$$e = \frac{1}{Q} \cdot m = \frac{1}{Q} \cdot \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta P}{J \cdot w_0' - \Delta P},$$

7) $$e = \frac{1}{Q} \cdot \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{\mathfrak{P}_0' - \Delta\mathfrak{P}}.$$

X. Die Versuchskonstanten. Als Konstanten treten die Länge l und der Widerstand w_0' der Kathode auf. Von diesen ist l eine reine Apparatkonstante, während w_0' vom Elektrolyten abhängig ist, also mit den Versuchsbedingungen wechselt, wenn bei gefüllter Kathodenkammer gemessen wird. Da aber die Größe des Nebenschlusses dem Leitvermögen des Elektrolyten proportional ist, lassen sich die verschiedenen Werte von w_0' aufeinander zurückführen und durch eine einmalige Eichung des Apparates bestimmen. Zu diesem Zwecke mißt man nacheinander die drei

Widerstände W_0, W_a, W_b zwischen den Zuleitungen der Kathode bei leerem Gefäß, und wenn dasselbe mit zwei Normalflüssigkeiten von der Leitfähigkeit k_a und k_b gefüllt ist. Dann ist:

$$\frac{1}{w_0} = \frac{k_b}{k_b - k_a} \cdot \frac{1}{W_0 - W_b} - \frac{k_a}{k_b - k_a} \cdot \frac{1}{W_0 - W_a}$$

$$\lambda_a \cdot w_0 = \frac{W_0 - W_a}{W_a - W_b} - \frac{k_a}{k_b} \cdot \frac{W_0 - W_b}{W_a - W_b}$$

und für einen beliebigen Elektrolyten:

$$\lambda_z \cdot w_0 = \lambda_a \cdot w_0 \cdot \frac{k_z}{k_a},$$

also:

$$w_0' = \frac{w_0}{1 + \lambda_a \cdot w_0 \cdot \frac{k_z}{k_a}}.$$

Die Länge l ist direkt meßbar. Da aber die Kathode in dem Zersetzungsgefäß eingeschlossen ist und in der Regel nicht ganz geradlinig verlaufen wird, ist es zweckmäßiger, l aus Versuchen zu berechnen, bei welchen die Massen m bekannt sind. Auf demselben Wege läßt sich natürlich auch für die einzelnen Elektrolyten das zugehörige w_0' finden.

XI. Verfahren bei der Messung. Die Meßinstrumente und der Widerstand R^2 sind so abgeglichen, daß zu J_0 und P_0 große Ausschläge gehören. Mittels des Umschalters u wird der Strommesser A an die Verzweigung zur Widerstandsmessung gelegt (Fig. 3). Nach Schließen des Schalters h wird J und $\mathfrak{P}_0$ abgelesen. Dann wird u umgeschaltet und während t Sekunden der elektrolysierende Strom i in gleichen Zeitintervallen — etwa von Minute zu Minute — abgelesen. Die Dauer der Elektrolyse beträgt nur wenige Minuten. Der Schalter u wird wieder in die Meßstellung gebracht, der Strom, wenn nötig, auf die Anfangsstärke J einreguliert und die Differenz $\Delta\mathfrak{P}$ am Spannungsmesser bestimmt. Schließlich wird das Stromintegral $Q = i_m \cdot t$ nach der Formel berechnet:

$$Q = \frac{1}{n}\left(\frac{i_0 + i_n}{2} + i_2 + \ldots + i_{n-1}\right) \cdot t.$$

Dann ergibt sich e aus Gleichung 7.

Die Konstante l ist in mm einzuführen.

In der Kapillare c wird ein großer Teil der Energie des Stromes i in Joulesche Wärme verwandelt; doch wird die Temperaturerhöhung, welche dieser Teil des Zersetzungsapparates erfährt, durch die große Abkühlungsfläche sehr gemäßigt. Der Inhalt der Zersetzungskammern behält merklich die Anfangstemperatur, da der Spannungsabfall in denselben verhältnismäßig sehr gering ist, und die Fortführung der Wärme durch Strömung aus der horizontalen Kapillare nur äußerst langsam vor sich geht.

XII. Messungsergebnisse. Zur Prüfung der Methode wurden vorläufige Versuche mit Kupfersulfatlösung (125 g $CuSO_4$, 50 g H_2SO_4, 50 g Alkohol im l Wasser) angestellt. Der benutzte Apparat besitzt die Konstanten $l = 100{,}5$ mm, $w_0' = 0{,}338$ Ohm. Aus dem Durchmesser der Kathode und der normalen Strombelastung ergab sich als günstige Dauer der Elektrolyse die Zeit von etwa 6 Minuten, während bei dem endgültig ausgeführten Apparat 4 Minuten hinreichen. Als Spannungsmesser diente ein Drehspulgalvanometer von Hartmann u. Braun (Widerstand 100 Ohm, $10^0 = 0{,}2$ V). Für die Strommessung stand nur ein älteres elektromagnetisches Instrument zur Verfügung (eigentlich ein Voltmeter, 0—10 V, 190 Ohm). Dasselbe wurde bei der Messung des elektrolysierenden Stromes i mit voller Empfindlichkeit benutzt, während

für die Widerstandsbestimmung der Meßbereich durch Zusatzwiderstand von 8 Ohm und Nebenschluß $N = 30$ Ohm auf 0,4 A erweitert wurde.

Für Kupfer ist: $\mu = 1{,}7 \cdot 10^{-5}$ Ohm/mm, $s = 8{,}9$. Der Wert für w_0' wurde entsprechend der Genauigkeit dieser Zahlen und der Ablesungen auf 0,340 abgerundet. Dann ergibt Gleichung 6):

$$m = 4{,}50 \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{17{,}0\, J - \Delta\mathfrak{P}}$$

oder, wenn $\mathfrak{J}$ den Skalenwert des Stromes J bedeutet:

$$m = 4{,}50 \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{0{,}680\, \mathfrak{J} - \Delta\mathfrak{P}}$$

und nach 7):

$$e = \frac{1}{Q} \cdot 4{,}50 \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{0{,}680\, \mathfrak{J} - \Delta\mathfrak{P}}\,.$$

I.

Min.	$\mathfrak{J}$	$\mathfrak{P}$	i $\left(\frac{1}{190}\text{ A}\right)$
0	8,75	6,50	
			4,7
1			4,8
2			4,85
3			4,85
4			4,85
5			4,85
6			4,90
	8 75	4,15	

$$\Delta\mathfrak{P} = 2{,}35;\quad i_m \cdot t = 9{,}16 \text{ Amp. sek}$$

$$e = \frac{1}{9{,}16} \cdot 4{,}50 \cdot \frac{2{,}35}{0{,}680 \cdot 8{,}75 - 2{,}35} = 0{,}32_1 \text{ mg/Amp. sec}$$

Wahrer Wert: $0{,}32_9$

Korrektur: $+ 0{,}00_8 = + 2{,}5\,\%$.

Bei dem in Tabelle I dargestellten Versuch sind während der 6 Minuten dauernden Elektrolyse in der 60 ccm fassenden Kathodenkammer rund 10 Wattsekunden in die Joulesche Wärme von 2,4 g-Kal. umgewandelt. Da die Kammer eine Oberfläche von über 100 qcm besitzt, kann eine merkliche Temperaturerhöhung der Elektrolyten nicht erfolgen. Es darf deshalb der Einfluß derselben auf den Leitwert des Nebenschlusses außer acht gelassen werden (vgl. unter III.). Noch weniger wird die Messung des Kathodenwiderstandes bei dem etwa 5fach geringeren Temperaturkoeffizienten der Metalle von ihr betroffen.

II.

Nr.	Min.	$\mathfrak{J}$	$\Delta\mathfrak{P}$	Q	e	Korr.
1	4	8,75	1,50	4,71	$0{,}32_2$	+ 2 %
2	6	8,75	2,35	9,16	$0{,}32_1$	+ 2,5 -
3	6	8,75	2,50	9,94	$0{,}32_8$	+ 0,5 -
4	7	9,25	2,45	8,59	$0{,}33_3$	— 1 -
5	6	9,20	2,00	6,45	$0{,}32_8$	+ 0,5 -

Tabelle II stellt den schon mitgeteilten Versuch (Nr. 2) mit vier anderen zusammen. Es zeigt sich, daß die entwickelte Methode geeignet ist, das Äquivalent unter Annahme der bekannten Werte für μ und s in befriedigender Weise abzuleiten, wenn für l und w_0' durch eichende Versuche ermittelte Werte gewählt sind.

XIII. Graphische Berechnung von m und e (Fig. 4). Das Diagramm der Funktion:

$$m = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{\Delta\mathfrak{P}}{\mathfrak{P}_0' - \Delta\mathfrak{P}}$$

ist im rechtwinkligen Koordinatensystem eine gleichseitige Hyperbel. Die Darstellung und Benutzung der Kurve empfiehlt sich, weil sie zugleich anschaulich zu zeigen gestattet, wie die Genauigkeit der Bestimmung von den Versuchsbedingungen abhängt.

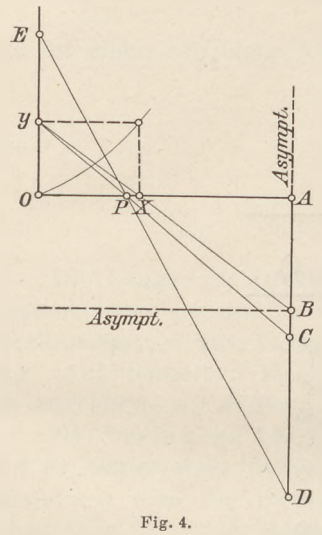


Fig. 4.

Wo die Schüler nicht hinreichend mit den Eigenschaften der Hyperbel bekannt sind, kann ihre Anwendung durch die folgende graphische Berechnung ersetzt werden, welche unmittelbar aus den Gleichungen 6) und 7) herzuleiten ist.

Die Maßstrecken für die Einheiten von $\Delta\mathfrak{P}$ und m seien k und h. Auf der Abszissenachse wird $OA = k \cdot \mathfrak{P}_0'$ abgetragen und in A die Ordinate $AB = -h \cdot \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'}$ errichtet. Ist nun die Abszisse OX gleich $k \cdot \Delta\mathfrak{P}$, so schneidet die Gerade BX auf der Ordinatenachse die Länge $OY = h \cdot m$ ab.

Die Maßstrecken für die Einheiten der Strommenge Q und das elektrochemische Äquivalent e seien ferner h_1 und h_2. Auf AB werden die Strecken $AC = h_1 \cdot Q$ und $AD = \frac{h_1 \cdot h_2}{h}$ abgetragen. Die Gerade CY bestimmt den Punkt P auf der Abszissenachse, die Gerade DP den Punkt E auf der Ordinatenachse. Dann ist $OE = h_2 \cdot e$.

Der zweite Teil der Konstruktion findet auch dann Anwendung, wenn $h \cdot m$ als Hyperbelordinate bestimmt ist.

Fig. 4 stellt die graphische Auswertung des unter XII, Tabelle I mitgeteilten Versuches dar. Das Verhältnis der Maßstrecken ist $h : h_1 : h_2 = 5 : 3 : 100$.

Es ist beabsichtigt, die messenden Versuche auf andere Metallsalzlösungen auszudehnen. Die Ergebnisse sollen — wenn möglich, an dieser Stelle — veröffentlicht werden. Durch strengere Untersuchung der anzubringenden Korrekturen und der Fehlergrenzen soll versucht werden, die Methode auch der wissenschaftlichen Forschung nutzbar zu machen. Da die Messungen an der Kathode innerhalb des Elektrolyten und während der Elektrolyse selbst erfolgen können, ist Aussicht vorhanden, auch das elektrochemische Äquivalent von Alkalimetallen ohne Wägung zu bestimmen.

Der beschriebene Zersetzungsapparat wird in der durch die Versuche als zweckmäßig ermittelten Ausführung, welche als D.R.G.M. 404570 patentamtlich geschützt ist von der glastechnischen Werkstätte von Müller-Uri, Braunschweig geliefert.

Über die Verwendung des Galvanometers zum Nachweis geringer Wechselströme niedriger Frequenz.

Von

Dr. **Paul Ludewig** in Frankfurt a. M.

1. Bei der Demonstration der verschiedensten Meßanordnungen, die mit Wechselstrom und einem Nullinstrument arbeiten, wie z. B. die Wechselstrombrückenschaltung, ist schon öfter der Wunsch laut geworden, neben dem nur für subjektive Beobachtung geeigneten Telephon eine Anordnung als Nullinstrument zu besitzen, mit der die Abgleichung einem größeren Auditorium gezeigt werden kann.

Ein derartiges Nullinstrument kann einmal dadurch erreicht werden, daß man die schon vorhandenen Wechselstrommeßinstrumente so verfeinert, daß ihre Empfindlichkeit der des Telephons nahekommt. Das hat man in dem Spiegeldynamometer erreicht, das nach dem bekannten Dynamometerprinzip eine feste Spule und eine in deren Feld drehbare, einen Spiegel tragende, bewegliche Spule enthält, die nacheinander vom Strom durchflossen werden. Wegen ihres hohen Preises sind derartige Instrumente nur in wenigen Laboratorien zu finden.

Ein anderer Weg, der mit großem Erfolg begangen ist, ist der, den Wechselstrom in dem Nullzweig mehr oder weniger in Gleichstrom umzuwandeln und diesen dann mit einem in jedem Laboratorium vorhandenen, empfindlichen Galvanometer nachzuweisen.

2. Die Umwandlung eines Wechselstromes in einen Gleichstrom ist, wie Barkhausen[1]) gezeigt hat, nur dadurch möglich, daß man den im Kreis liegenden Ohmschen Widerstand periodisch ändert. Durch Änderung einer Selbstinduktion oder einer Kapazität läßt sich niemals ein Wechselstrom in einen Gleichstrom umformen. Je nach der Art der Änderung und je nachdem die Periode der Widerstandsänderung größer oder kleiner ist als die Periode des die Brücke speisenden Wechselstromes, ferner je nach der Phase zwischen Widerstands- und Spannungsänderung werden wir einen größeren oder kleineren Teil des Wechselstromes in Gleichstrom verwandeln.

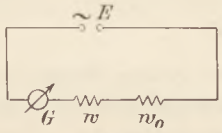


Fig. 1.

Wir wollen zunächst ganz allgemein den Fall betrachten, der durch Fig. 1 realisiert ist, in der E eine periodische, symmetrische Wechselspannung, w ein periodisch variierender Widerstand, w_0 ein konstanter Widerstand und G ein Gleichstromamperemeter ist.

Dabei haben wir die beiden Fälle zu unterscheiden, daß

A. die Änderung des Widerstandes w unabhängig vom zustandekommenden Strom erfolgt,

B. die Änderung von w durch den Strom selbst erfolgt.

A. Bei dem Fall A ergeben sich für die Größe der resultierenden Gleichstromkomponente folgende 3 Gesichtspunkte.

a) Je größer die Periodenzahl der Spannung im Vergleich zur Periodenzahl des Widerstandes ist, desto kleiner wird die Gleichstromkomponente[2]).

b) Das Maximum der Gleichrichterwirkung ist vorhanden, wenn die Periodenzahl des Widerstandes gleich der der Spannung ist, und zwar bei einer bestimmten Phasenverschiebung.

c) Hat die Spannung die halbe Periodenzahl des Widerstandes, so tritt in keinem Falle eine Gleichstromkomponente auf.

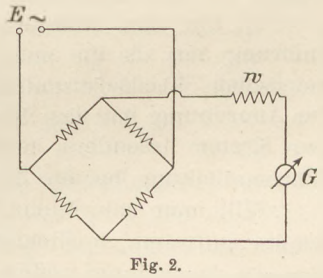


Fig. 2.

Wollten wir den Fall A für unsere Wechselstrombrücke dienstbar machen, so hätten wir die Schaltung der Fig. 2 herzustellen. Darin sei E eine Wechselstromquelle, entweder ein Summer oder ein kleines für derartige Meßzwecke geeignetes Induktorium oder eine Betriebsspannung von 50 Perioden. Wir hätten dann, um

[1]) Barkhausen: Das Problem der Schwingungserzeugung, Diss. 1907, und Phys. Zeitschr. **11**, p. 130, 1910.

[2]) Ein extremer Fall ist bei der üblichen Schaltung für drahtlose Telephonie vorhanden, bei der über einen Hochfrequenzstrom von 10^6 Perioden die Schwingungen eines Mikrophons übergelagert werden.

möglichst zweckmäßig zu verfahren, dafür zu sorgen, daß sich der Widerstand w mit derselben Periodenzahl (vgl. Punkt a) wie die Spannung ändert, was z. B. dadurch zu realisieren ist, daß wir mittels eines Synchronmotors — wir nehmen also zur Speisung der Wechselstrombrücke eine Wechselspannung von 50 Perioden — einen Widerstand periodisch ändern. Dies ist vielleicht am einfachsten durch folgende Anordnung zu erreichen.

Auf einer Scheibe (vgl. Fig. 3) ist ein dünner Konstantandraht in einer geschlossenen Windung aufgewickelt, der an der Stelle a eine Verbindung mit der Achse hat. Auf dem Draht läuft eine Rolle, durch die der Strom zugeführt wird, während die Achse als Stromabnahmestelle dient. Steht die Rolle über dem Punkte a, so ist der Widerstand $= 0$, steht sie gegen diese Stellung um 180° verschoben, so ist das Maximum des Widerstandes erreicht. Der Widerstand variiert nach der Gleichung

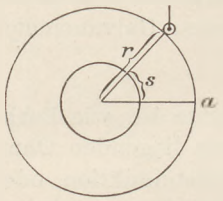


Fig. 3.

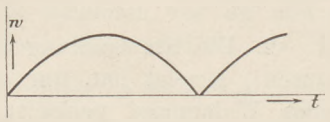


Fig. 4.

$$w = \gamma \frac{r\,s\,(2\,\pi - s)}{2\,\pi}$$

wo γ den Widerstand eines cm des verwendeten Drahtes, s den Bogen des Einheitskreises und r den Radius der Scheibe bezeichnet. Die Kurve der Widerstandsänderung zeigt Fig. 4.

B. Bei diesem Fall, bei dem also der zustandekommende Strom selbst die Widerstandsänderungen verursacht, können wir wieder 2 Unterabteilungen machen.

a) Die Änderung des Widerstandes ist während des positiven Teiles der E.M.K. genau so, wie während des negativen Teiles. Die Periodenzahl des Widerstandes ist dann gleich der doppelten Periodenzahl der E.M.K. (siehe A c). Man sieht, daß hier keine Gleichstromkomponente auftreten kann, daß dieser Fall für unser spezielles Problem nicht in Frage kommt. Er wird z. B. realisiert durch einen vom Strom durchflossenen sehr dünnen Draht[3]). Die Temperatur des Drahtes schwankt genau im Takte des Stromes, und da die Temperatur proportional i^2 ist, so ist die Änderung des Drahtwiderstandes, die bei der Temperaturzunahme während der positiven Richtung des Stromes auftritt, gleich der während der negativen Richtung. Ein anderes Beispiel ist durch den vollkommen symmetrischen Wechselstromlichtbogen gegeben, bei dem man sorgfältig zu beachten hat, daß nicht etwa durch die Anordnung des Bogens die eine Elektrode heißer ist als die andere.

b) Die eine Richtung des Stromes löst eine anders verlaufende Widerstandsänderung aus als die andere Richtung. Dieser Fall ist realisiert bei einem unsymmetrischen Wechselstromlichtbogen[4]), etwa zwischen Kupfer- und Kohleelektroden. Die Anordnung hat das Bestreben, die Kohle zur Kathode zu machen, da der negative Krater besonders heiß sein muß, eine Bedingung, die wegen der geringen Wärmeableitung bei der Kohle eher der Fall ist als bei dem Kupfer.

Will man sehr kleine Wechselströme, wie sie im Nullkreis der Wheatstoneschen Brücke auftreten, in Gleichstrom verwandeln, so kann man mit Rubens[5]) und Ubisch[6]) folgende Anordnung treffen (vgl. Fig. 5).

Ein im Hauptkreis liegendes Telephon überträgt Schallschwingungen auf ein im Nullkreis liegendes Mikrophon, das hier den variabelen Widerstand darstellt.

[3]) Vgl. Ebeling, Über den Temperaturverlauf in wechselstromdurchflossenen Drähten. Diss Göttingen 1908.

[4]) Simon, Phys. Zeitschr. 6, S. 297 u. 319, 1905. — Sahulka, E.T.Z. 29, S. 949, 1908 und 29, S. 1036, 1908. — v. Geitler, Phys. Zeitschr. 10, S. 795, 1909.

[5]) Rubens, Wied. Ann. 37, 522, 1889.

[6]) Ubisch, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 1907, S. 61.

Nehmen wir eine sinusförmige Wechselstromspannung, so wird der eine Wechsel den polarisierten Magneten des Telephons schwächen, die Telephonplatte geht nach außen und drückt durch Vermittlung der Luft die Mikrophonkörner zusammen. Der Mikrophonwiderstand ist also während dieses Wechsels klein. Während des anderen Stromwechsels, der den permanenten Magneten des Telephons verstärkt, wird die Telephonplatte nach innen gezogen und läßt die Mikrophonkörner sich wieder lockern. Der Widerstand ist in diesem Teil der Spannungsschwankung groß. Als Resultat ergibt sich im Nullkreis eine Gleichstromkomponente, die man mit dem Galvanometer nachweisen kann. Ubisch hat mit dieser Anordnung bei Verwendung eines Galvanometers von 10^{-8} Amp. Empfindlichkeit Resultate erzielt, die die Abgleichung mit dem Telephon übertreffen.

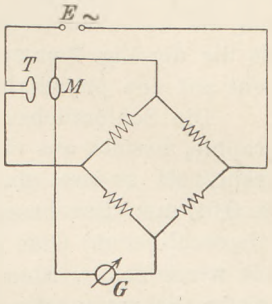


Fig. 5.

3. Die bisher beschriebenen Methoden zur Herstellung einer Gleichstromkomponente aus einer Wechselstromspannung benutzen einen kontinuierlich sich ändernden Widerstand. Wäre es möglich, den Widerstand während des einen Wechsels der E.M.K. = 0, während des anderen $= \infty$ zu machen, so würden wir, wie ohne weiteres ersichtlich, ein besseres Resultat bekommen als bei den bisher erwähnten Anordnungen; diese sprungweise Änderung des Widerstandes kann man durch einen synchron mit der verwendeten Spannung rotierenden Schleifkontakt erreichen, oder dadurch, daß man — wir nehmen wieder den Fall der Wechselstrombrücke — vor das Galvanometer eine elektrische Ventilzelle schaltet (vgl. Fig. 6), die den Strom nur in einer Richtung hindurchläßt. Dazu kann man eine Aluminiumzelle nehmen. Die Aluminiumplatte läßt bekanntlich den Strom nur in einer Richtung hindurchgehen. Eine zweite derartige Anordnung besitzen wir in der weiter unten genau besprochenen Schlömilchzelle. In allen diesen Fällen durchfließt das Galvanometer nur der eine Wechsel des Stromes, während der andere vollkommen abgedrosselt wird.

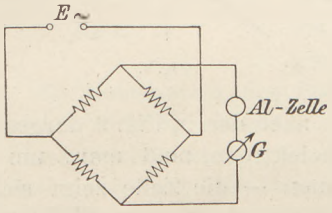


Fig. 6.

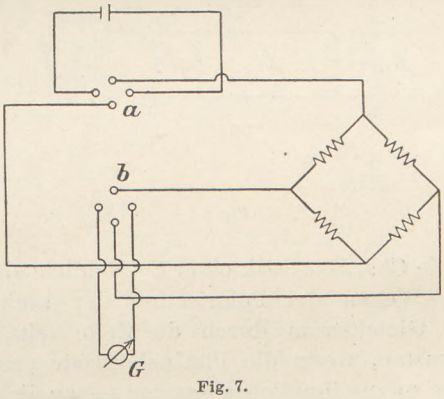


Fig. 7.

Will man beide Stromwechsel für den Ausschlag des Galvanometers verwenden, so muß man einen rotierenden Kommutator benutzen, der im Takte des Wechselstromes rotiert. Wie man sieht, bildet diese Anordnung den extremsten Fall des von uns allgemein behandelten Problems der Verwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom. Man benutzt dazu gewöhnlich die Schaltung der Fig. 7. Als Betriebsspannung dient zweckmäßig eine Gleichstromquelle (Akkumulator), die man vor dem Eintritt in die Wechselstrombrücke durch den Kommutator *a* in Wechselstrom umwandelt. Die beiden Zuführungen des Nullkreises der Brücke werden an einen auf derselben Achse mit dem ersten Kommutator sitzenden zweiten Kommutator *b* geführt, der auf dieser Achse so gegen den ersten Kommutator versetzt ist, daß durch das Galvanometer die beiden Wechsel des Stromes gleichgerichtet hindurchgehen.

4. Es soll im folgenden gezeigt werden, daß man imstande ist, mit Hilfe einer besonderen Schaltungsweise von Schlömilchzellen einen variabelen Widerstand herzustellen, der ebenfalls beide Wechsel des Stromes gleichrichtet. Es wird sich zeigen, daß die dabei zu treffende Anordnung mit geringen Mitteln leichter herzustellen ist als die der Fig. 7 entsprechende. Sie ist ferner imstande, ein nicht unwichtiges Schlaglicht auf den physikalischen Vorgang in der Schlömilchzelle zu werfen.

Die Schlömilchzelle[7]), der bisher empfindlichste Empfänger für drahtlose Telegraphie, besteht aus einer Schwefelsäurezelle, in der sich als eine Elektrode ein Bleidraht, als andere ein in ein Glasrohr eingeschmolzener, dünner Platindraht von ca. 0,01 mm Durchmesser befinden. Von dem Platindraht ist nur sein aus dem (abgeschliffenen) Glas hervorragender Querschnitt wirksam. Diese Anordnung zeigt, wie wir sehen werden, ein verschiedenes Verhalten, je nachdem man auf sie elektrische Schwingungen, also einen Wechselstrom von ca. 10^6 Perioden pro Sek., oder einen Wechselstrom von niedriger Frequenz (ca. 50 Perioden pro Sek.) einwirken läßt.

A. Überlagerung von elektrischen Schwingungen. Die gebräuchlichste Schaltung der Schlömilchzelle als Empfänger für drahtlose Telegraphie stellt Fig. 8 dar. Darin bedeutet A die Antenne, L_1 eine Selbstinduktion, mit der man den Schwingungskreis L_2 C_2 mit der Antenne koppelt. Parallel zum Kondensator C_2 liegt die Schlömilchzelle, an die durch den veränderlichen Widerstand w eine Gleichstromspannung gelegt wird. Der Blockkondensator C, der wegen seiner Größe die hochfrequenten Schwingungen hindurchläßt, soll verhindern, daß sich die Gleichstromspannung durch die Selbstinduktion L_2 ausgleicht.

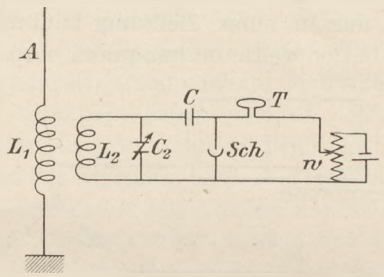


Fig. 8.

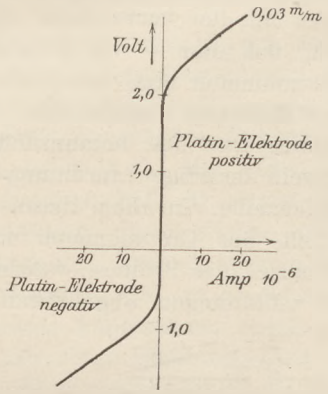


Fig. 9.

Die Charakteristik einer Schlömilchzelle verläuft nach der in Fig. 9 dargestellten Weise. Wegen der Polarisation der kleinen Platinelektrode muß man, um einen kleinen Gleichstrom durch die Zelle leiten zu können — die Zelle zeigt sich am wirksamsten, wenn die Platinelektrode positiv ist — erst durch den Widerstand w — man nennt ihn Potentiometer — an ihre Klemmen eine Spannung von ca. 2 Volt legen. Der positive Ast der Kurve läßt sich für Spannungswerte, die größer als 2 Volt sind, angenähert durch die Formel

$$i = \frac{e - z}{w}$$

darstellen, wo e die durch den Widerstand w regulierbare Spannung und z die Polarisationsgegenspannung bedeutet. Läßt man nun auf die Schlömilchzelle Wellen einwirken, so wird, wie ich gezeigt habe[8]), die Polarisation beseitigt, und der Strom springt auf den Wert

$$i = \frac{e}{w},$$

[7]) Schlömilch, E. T. Z. 1903, S. 959.

[8]) Ludewig, Jahrbuch f. drahtl. Telegraphie u. Telephonie, Bd. 3, S. 411, 1910.

nimmt also plötzlich einen größeren Wert an und bewirkt dadurch bei jedem Wellenzug ein Knacken im Telephon. Darauf beruht seine Wirksamkeit als Empfänger für drahtlose Telegraphie.

Da der Unterschied zwischen den Kurven

$$i = \frac{e - z}{w}$$

und

$$i = \frac{e}{w}$$

für den Teil der Kurve, in dem die Platinelektrode negativ ist, größer ist, als für den anderen, so ist die Empfindlichkeit der Zelle, wie auch der Versuch zeigt, am größten, wenn man die aktive Elektrode zur Anode macht.

B. Überlagerung von Wechselstrom von ca. 50 Perioden. Der Fall der Überlagerung von 50 periodigem Wechselstrom über eine Schlömilchzelle ist in der letzten Zeit von G. W. Pierce[9]) untersucht worden. Die dabei zustande kommenden Stromkurven sind von ihm mit einer besonders empfindlichen Braunschen Röhre aufgenommen und zeigen, daß bei diesen niedrigfrequenten Strömen nur die eine Stromrichtung, nämlich die, bei der die Platinspitze positiv ist, hindurchgelassen wird. Voraussetzung ist auch hier, daß man erst durch ein Potentiometer eine so große Gleichstromspannung über die Zelle legt, daß gerade ein geringer Strom zustande kommt. Aus seinen Photographien müssen wir schließen, daß hier bei den niedrig-frequenten Wechselströmen die Schlömilchzelle wesentlich anders reagiert, daß nur die elektrischen Schwingungen die Fähigkeit haben, die Polarisation der Schlömilchzelle zu beseitigen, während hier nur eine Gleichrichterwirkung auftritt.

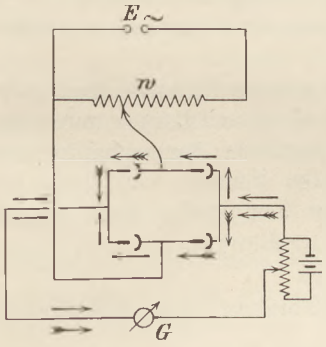


Fig. 10.

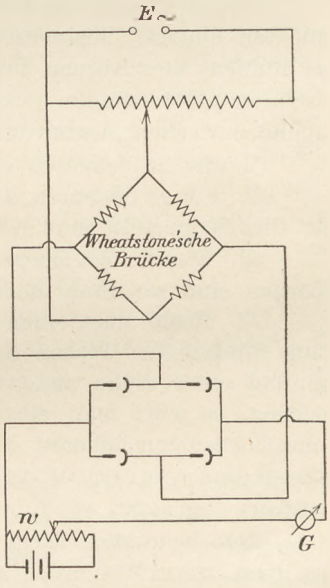


Fig. 11.

Dieser Schluß wird experimentell bestätigt durch die folgende Anordnung, die es ermöglicht, mit einer Anordnung von 4 Schlömilchzellen einen Wechselstrom in einen Gleichstrom zu verwandeln. Die Schaltung zeigt Fig. 10. Die 4 Schlömilchzellen sind in der bekannten Graetzschen Schaltung so angeordnet, daß der eine Wechsel des Stromes durch zwei gegenüberliegende Schlömilchzellen (befiederte Pfeile), der andere durch die beiden anderen gegenüberliegenden (unbefiederte Pfeile) hindurchgeht. Das Resultat ist, daß das Galvanometer von beiden Stromwechseln in derselben Richtung durchflossen wird. Der Widerstand w dient dazu, über die Schlömilchzellen eine Gleichstromspannung zu legen, die so groß gewählt wird, daß die Polarisationsspannung der Zellen gerade überwunden ist.

Bei Benutzung eines Galvanometers von der Empfindlichkeit $1^0 = 5 \cdot 10^{-6}$ Amp. und 200 Ohm Widerstand erhält man eine Spannungsempfindlichkeit von ca. 1 Volt, die sich bei Benutzung eines Spiegelgalvanometers von 10^{-9} Amp. Empfindlichkeit und 1668 Ohm bis auf 0,03 Volt erhöhen ließ.

[9]) Pierce. Phys. Rev. XXIX, Nr. 1, Juli 1909, S. 56.

Will man die Anordnung als Nullinstrument in der Wheatstonischen Brücke verwenden, so schaltet man nach der in Fig. 11 angegebenen Weise, die wohl ohne weiteres verständlich ist. Es ist damit möglich, in der Brücke Widerstände bis auf ca. 1% abzugleichen.

Elektrotechnisches Institut des Physikalischen Vereins.

Von welchen Voraussetzungen muß man ausgehen, um den Begriff „Temperatur" definieren zu können.

Von

Dr. **Kirstine Meyer geb. Bjerrum** in Kopenhagen.

Versucht man darüber klar zu werden, welche Voraussetzungen notwendig sind, um den Begriff „Temperatur" als Registrierungszahl von Wärmezuständen definieren zu können, so wird man finden, daß eine Reihe von Annahmen aufgestellt und auf einer Reihe von Erfahrungen gebaut werden muß. Erst müssen durch das Gefühl grobe Unterschiede zwischen „warm" und „kalt" beobachtet worden sein. Sodann muß man feststellen:

I. was es bedeutet, daß zwei Körper dieselbe Temperatur haben;

II. was es bedeutet, daß ein Körper eine höhere Temperatur hat als ein anderer.

Ist dies festgestellt, muß auf Grund folgender Erfahrungen weitergebaut werden:

A. Wenn zwei Körper jeder für sich dieselbe Temperatur haben wie ein dritter Körper, sind sie unter sich von derselben Temperatur.

B. Wählt man einen bestimmten Körper *A*, in dem gewisse Eigenschaften unter dem Einfluß der Wärme veränderlich sind, und bringt man diesen Körper unter den Einfluß einer Reihe anderer Körper, die auf die oben genannten Eigenschaften einwirken, so wird man diese Körper in zwei Gruppen teilen können, von denen die eine Körper von höherer, die andere Körper von niedrigerer Temperatur als *A* umfaßt. Diese Gruppeneinteilung ändert sich nicht, wenn der Körper *A* durch einen anderen ersetzt wird, der dieselbe Temperatur hat.

Den benutzten Körper *A* nennen wir das Thermometer, d. h. das Gerät, an dem man Wärmeunterschiede wahrnimmt.

Hiernach muß man feststellen:

III. welchen Körper man als Thermometer gebrauchen will,

IV. welche Eigenschaft dieses Körpers zur Registrierung der Wärmezustände benutzt werden soll,

V. welche Bezeichnungen bei der Registrierung angewendet werden sollen — also wie die Temperaturskala eingerichtet werden soll.

Eine Untersuchung der historischen Entwicklung des Temperaturergebnisses[1]) zeigt, wie schwer es gewesen ist I und II festzustellen. So stellt Aristoteles eine Reihe Betrachtungen darüber an[2]), „wie sich das Wärmere äußert, oder falls es verschiedene Äußerungsformen gibt, in wie vielen verschiedenen Weisen es sich dann äußert", und schließt mit der Erklärung, daß es nicht leicht ist zu entscheiden, welcher von zwei Körpern der wärmere ist; denn von einem Gesichtspunkte aus ist es der eine, von einem anderen Gesichtspunkte aus der andere. Im Jahre 1663 unterzog Robert Boyle die damals gebräuchlichen Thermometer einer Untersuchung und Kritik[3]); zwischen den Zeilen lesen wir bei ihm dieselben Schwierigkeiten wie bei

[1]) Kirstine Meyer, Temperaturbegrebets Udvikling gennem Tiderne samt dets Sammenhang med vexlende Forestillinger om Varmens Natur. [Habilitationsschrift.] Kóbenhavn 1909.

[2]) De partibus animalium 2, 2, 12.

[3]) R. Boyle, The History of Cold. S. 1: New thermometrical Experiments and Thoughts.

Aristoteles. Diese werden aber im Laufe der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts überwunden, und man stellt sich nun die weitergreifende Aufgabe, die Temperatur so zu definieren, daß die Temperaturangabe von dem benutzten Thermometer und derjenigen Eigenschaft desselben unabhängig wird, deren Schwankungen bei der Registrierung benutzt werden. Erst Mitte des 19. Jahrhunderts kommt man so weit, daß man die sog. absolute Temperaturskala aufstellt, nachdem man dies in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts vergebens sowohl auf dem Wege der Theorie als auf dem des Experiments angestrebt hatte. Die neuen Erfahrungen und Annahmen, die man, bei der Feststellung des Begriffes „absolute Temperatur" benutzte, waren folgende:

C. Wärme ist eine Form von Energie; wenn Wärme durch Arbeit erzeugt wird, so besteht ein konstantes Verhältnis zwischen der erzeugten Wärme und der ausgeführten mechanischen Arbeit.

Hierdurch wird es möglich, die Wärmeeinheit unabhängig von der Temperaturskala zu definieren. Denken wir uns z. B. bei Joules Wärmeerzeugungsversuch durch Arbeit das gewöhnliche Kalorimeter durch ein Eiskalorimeter ersetzt, so werden für jedes verschwindende Kilogramm Arbeit 8 cg Eis schmelzen. Als Wärmemengeneinheit könnte man dann die Wärmemenge einführen, die imstande ist, beim Gefrierpunkt unter dem Druck der Atmosphäre 3 cg Eis zu schmelzen.

D. Carnots Theorem. Wenn sich zwischen zwei Körpern mit verschiedenen, aber konstanten Temperaturzahlen ein reversibler Carnotscher Kreisprozeß vollzieht, wird das Verhältnis zwischen den von den beiden Körpern abgegebenen und empfangenen Wärmemengen Q_1 und Q_2 ausschließlich von den Temperaturzahlen der Körper abhängen und ganz unabhängig sein von dem am Kreisprozeß beteiligten Körper und der während des Prozesses veränderlichen Eigenschaft.

Nach W. Thomsons Vorschlag beschloß man nun, die Temperaturen des veränderlichen Körpers unter Wärmeaufnahme und -abgabe mittels zweier Zahlen θ_1 und θ_2 zu messen, welche der Gleichung

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Theta_1}{\Theta_2}$$

Genüge tun; stellt man sodann fest, welche Zahl die eine der beiden Temperaturen messen soll, so ist die andere Temperatur unabhängig von dem Körper, der den Prozeß durchgemacht hat, bestimmt. Betrachtet man diesen Körper als Thermometer, so hat man also die Temperatur der einen der beiden Wärmequellen nach absolutem Maß angegeben, indem diese ja während des Prozesses mit dem Thermometer in Temperaturgleichgewicht sind.

Die Bedeutung des Nullpunktes dieser absoluten Skala findet man in folgender Weise:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Theta_1}{\Theta_2}$$

wird geschrieben als

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_1}.$$

Nimmt man nun an, daß θ_1 die Temperatur der Wärmequelle ist, der die Arbeit Q_1 entnommen ist, während θ_2 die Temperatur derjenigen ist, welche die Arbeit Q_2 empfangen hat, so sieht man, daß die „Nutzleistung"

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\Theta_1 - \Theta_2}{\Theta_1}$$

sich 1 nähert, wenn θ_2 sich 0 nähert. Somit ist der absolute Nullpunkt die Grenze, der sich die Temperatur des kältesten Thermostaten nähert, wenn die Nutzleistung sich 1 nähert.

Zur Definition der elektrostatischen Kapazität.

Von

Theodor Wulf in Valkenburg (Holland-L.).

Allgemein wird nach Maxwell als Maß der elektrostatischen Kapazität der Quotient aus Elektrizitätsmenge und Potential bezeichnet, falls die umgebenden Körper sich auf dem Potential Null befinden. Daß diese Definition für den Fall, daß das Potential der Umgebung von Null verschieden ist, nicht ausreicht, ist Maxwell keineswegs entgangen, war aber seinerzeit weniger von Belang und wird nicht weiter von ihm behandelt. Soviel ich sehen konnte, gehen auch die neueren Lehrbücher stillschweigend über diesen Punkt hinweg. Nur bei Riecke[1]) und Chwolson[2]) wird für den Kugelkondensator die Formel entwickelt

$$e = (V_1 - V_2)\,\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}, \qquad 1)$$

wo e die Ladung der inneren Kugel, V_1 und R_1 ihr Potential und ihren Radius bedeuten, während V_2 das Potential und R_2 der Radius der äußeren Kugel ist. Als Dielektrikum sei stets Luft vorausgesetzt. Wenn also das Potential der äußeren Kugel von Null verschieden ist — schließt Riecke —, so ist das Verhältnis zwischen der Ladung und der Differenz der Potentiale konstant, und man kann nun dieses konstante Verhältnis als Kapazität der inneren Kugel definieren.

Diese Fragen erhalten jetzt eine größere Bedeutung, wo die Probleme der Radioaktivität die Messung von Elektrizitätsmengen mit einem erheblichen Grad der Genauigkeit verlangen. Gewöhnlich wurde dazu bisher das Quadrantelektrometer benutzt. Man gibt dann die Kapazität des Instruments an und setzt stillschweigend voraus, daß die Elektrizitätsmenge gleich dem Produkt aus der angegebenen „Kapazität" und der abgelesenen Potentialdifferenz sei. Es war zuerst Harms[3]), welcher darauf hinwies, daß die Verhältnisse im allgemeinen komplizierter liegen, wenn man das Quadrantelektrometer benutzt, falls die in der Nähe befindlichen Konduktoren (Quadranten) ein von Null verschiedenes Potential besitzen, und Harms sieht sich deshalb veranlaßt, neben der gewöhnlichen „wahren" Kapazität noch eine „scheinbare" Kapazität einzuführen, als Quotient aus der Elektrizitätsmenge und dem Potential eines Konduktors, wenn dabei das Potential der Umgebung von Null verschieden ist.

Kürzlich haben del Pulgar und Verfasser in einer in den Annalen der Physik erschienenen Arbeit[4]) nachgewiesen, daß diese Verhältnisse sich sogar außerordentlich einfach und übersichtlich gestalten, ohne die doppelte Kapazität unterscheiden zu müssen, wenn man nur das Maß der elektrostatischen Kapazität etwas anders definiert, als es gewöhnlich geschieht. Und diese zweckmäßigere Definition auch in den Unterricht einzuführen, ist der Zweck der vorliegenden Zeilen.

Um die Grenzen des elementaren Unterrichts nicht zu überschreiten, wollen wir von der schon erwähnten Formel 1) für den Kugelkondensator ausgehen[5]). Man erhält aus derselben nach der üblichen Definition die Kapazität (scheinbare Kapazität nach Harms)

---

[1]) Riecke, Physik, Bd. II, S. 71 der II. Aufl., 1902.

[2]) Chwolson, Physik, Bd. IV, 1, S. 121, 1908.

[3]) F. Harms, Annalen der Physik 10, S. 816, 1903.

[4]) J. del Pulgar u. Th. Wulf, Annalen der Physik 30, S. 697, 1909.

[5]) Noack entwickelt in seiner Abhandlung „Elementare Messungen aus der Elektrostatik" (Sonderhefte dieser Zeitschrift, Bd. II, Heft 1, S. 29) die Beziehungen für den außen und den innen geerdeten Kugelkondensator. Wenn man beide Fälle vereinigt und statt der Ladungen die Potentiale einführt, ergibt sich ebenfalls sofort die Formel 1).

$$\frac{e}{V_1} = \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

also eine Größe, der durch das Vorzeichen und den Wert von V_2 überhaupt jeder beliebige Wert von $+\infty$ bis $-\infty$ gegeben werden kann. Nur für den Fall $V_2 = 0$ bekommt man die einfache Formel, die nur von den Dimensionen der beiden Kugeln abhängt (wahre Kapazität nach Harms)

$$\frac{e}{V_1} = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}.$$

Riecke gibt nun speziell für diesen Fall eine dritte Definition der Kapazität, nämlich die Elektrizitätsmenge der inneren Kugel dividiert durch die Potentialdifferenz $V_1 - V_2$, und erhält aus 1)

$$\frac{e}{V_1 - V_2} = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

also tatsächlich den Wert der „wahren" Kapazität von Harms.

Leider gilt die Formel 1) nicht allgemein, sondern zunächst nur für den Kugelkondensator und sodann mit anderen Konstanten für den Fall, daß der eine Körper den andern vollständig umschließt, und ist darum für eine allgemeine Definition der Kapazität, welche auch den Fall der unvollständigen Induktion durch mehrere beliebig geladene Körper umfassen muß, nicht zu verwerten.

Man kann aber das Problem noch etwas anders stellen, nämlich so: „Wie groß ist die Elektrizitätsmenge, welche der inneren Kugel zugeführt werden muß, damit ihr Potential um einen bestimmten Betrag steigt, wenn dabei das Potential der äußeren Kugel konstant gehalten wird?"

Sei e' die vergrößerte Ladung bei dem höheren Potential V_1'. Dann ist

$$e' = (V_1' - V_2) \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}.$$

Außerdem war

$$e = (V_1 - V_2) \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}.$$

Folglich ist die Differenz der Ladungen

$$e' - e = (V_1' - V_1) \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

das heißt: die Ladungsmenge ist der Potentialerhöhung direkt proportional, gleichviel, wie hoch das Potential der umgebenden Kugel sei. Definieren wir also die Kapazität der inneren Kugel durch die Elektrizitätsmenge, welche ihr Potential um die Einheit vermehrt, so finden wir dafür

$$\frac{e' - e}{V' - V} = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

einen konstanten Wert, der 1. gleich ist der „wahren" Kapazität nach der üblichen Definition, 2. unabhängig ist vom Potential der umgebenden Körper, und der 3. ganz allgemein gültig ist, wenn auch die umgebenden Körper den fraglichen Konduktor nicht ganz umschließen. Die letzte Eigenschaft ist noch zu zeigen. Natürlich geht dieser allgemeine Beweis in dieser Form über die Grenzen des Anfangsunterrichts hinaus.

Für beliebig gestaltete Körper gilt bekanntlich die Maxwellsche Gleichung

$$e_1 = c_1 v_1 + c_{12} v_2 + c_{13} v_3 + \ldots,$$

wo $v_1, v_2 \ldots$ die Potentiale der verschiedenen Körper, e_1 die Ladung des ersten Körpers, und die c konstante Koeffizienten sind. Wird nun das Potential v_1 vermehrt zu v_1', während $v_2, v_3 \ldots$ konstant bleiben, so muß die Ladung e_1 des ersten Körpers vermehrt werden zu e_1', so daß gilt

$$e_1' = c_1 v_1' + c_{12} v_2 + c_{13} v_3 + \ldots.$$

Durch Subtraktion ergibt sich

$$\frac{e_1' - e_1}{v_1' - v_1} = c_1 . \qquad 2)$$

Die durch Gleichung 2) definierte Kapazität erweist sich also ganz allgemein als unabhängig vom Potential der umgebenden Körper. Als wissenschaftliche Definition der Kapazität gewinnen wir demnach aus Gleichung 2) die einfache Formel $\frac{\partial e_1}{\partial v_1}$, die partielle Ableitung nach v (partiell, weil das Potential der umgebenden Körper konstant bleibt).

Das ist eine so außerordentlich einfache und naheliegende Definition, daß man sich nur wundern kann, warum man sie nicht früher aufgestellt hat. Sie ist ganz allgemein gültig, ob Körper in der Nähe sind oder nicht. Sie gilt in dieser letzten Form (als Differentialquotient) auch für den Fall, daß die Kapazität nicht konstant ist, sondern, wie bei den Elektrometern, mit dem Ausschlag sich ändert. Endlich ist sie durch ein Verfahren gebildet, das den Schülern aus unzähligen andern Beispielen geläufig ist. Die spezifische Wärme ist $\frac{dQ}{d\vartheta}$; die Geschwindigkeit $\frac{dl}{dt}$; der Ausdehnungskoeffizient $\frac{dl}{d\vartheta}$ usw.

Es wäre deshalb sehr zu wünschen, daß die alte Definition vollständig aus den Lehrbüchern und aus dem Unterricht verschwände, nicht als ob die neue gleich in ihrer ganzen Allgemeinheit durchgenommen werden sollte oder könnte. Sondern wo man sich bisher begnügte zu sagen: „Die Kapazität eines Konduktors wird gemessen durch die Elektrizitätsmenge, welche er besitzt, wenn sein Potential gleich eins ist“ — da soll man statt dessen sagen: „Die Kapazität eines Konduktors wird gemessen durch die Elektrizitätsmenge, welche sein Potential um die Einheit erhöht!“ Beide Sätze sind gleich leicht verständlich. Jedenfalls kann der zweite Satz einem Schüler keine Schwierigkeiten bereiten, der diesen Satz verstanden hat: „Die spezifische Wärme eines Körpers wird gemessen durch die Wärmemenge, welche seine Temperatur um ein Grad erhöht.“

Eine vollständige geordnete Entwicklung des Begriffs könnte sich füglich in diesen vier Schritten vollziehen:

1. Sollen verschiedene Körper auf dasselbe Potential geladen werden, so ist dazu im allgemeinen eine verschiedene Elektrizitätsmenge erforderlich. Zum Beweise lade man ein Elektroskop durch eine Probekugel etwa aus einer großen Leidenerflasche, bis der Ausschlag einen bestimmten Punkt erreicht hat (oder um ein Bestimmtes vermehrt ist). Setzt man dann auf das Elektroskop einen größeren Aufsatz, so muß man öfter laden, bis derselbe Ausschlag erreicht ist[6]).

2. Die zur Erhöhung des Potentials erforderliche Elektrizitätsmenge ist bei einem und demselben Körper der Potentialerhöhung einfach proportional $\Delta e = C \Delta V$. Beweis bei Kugel und Kugelkondensator event. theoretisch, allgemein durch das Experiment. Ein geeichtes Elektroskop mit beliebigem Aufsatz wird durch eine isoliert gefaßte Kugel aufgeladen. Ist die Ladungsquelle groß, z. B. Wasserbatterie, und wird die Kugel jedesmal in das Innere eines aufgesetzten Körpers versenkt, so bekommt das System jedesmal dieselbe Elektrizitätsmenge. Natürlich muß man sich hier vor einem Zirkelschluß hüten. Wenn man vorher das Instrument in derselben Weise geeicht hätte, also in Ladungsgraden, so wäre nichts bewiesen. Hat man aber nach Potentialgraden geeicht (mit Daniell-Elementen oder dergl.), so findet man, daß die Potentialdifferenzen den Ladungsdifferenzen proportional sind.

[6]) Daß die Ladungsmenge bei derselben Größe und Gestalt der Konduktoren vom Material unabhängig ist, wird als schon bewiesen angenommen. Sonst müßte es an dieser Stelle eingefügt werden.

3. Die zu einer bestimmten Potentialerhöhung notwendige Elektrizitätsmenge ist auch abhängig von der Nähe anderer Körper, welche alle zur Erde abgeleitet sind. Beweis für den Kugelkondensator theoretisch, allgemein experimentell, indem man den sub 2 gemachten Versuch wiederholt, nachdem man irgendeinen zur Erde abgeleiteten Körper dem System genähert hat. Die Ladungsmenge ist stets größer, als wenn der Körper entfernt ist.

4. Sie ist aber unabhängig davon, ob der angenäherte Körper zur Erde abgeleitet ist, oder ob er zu irgendeinem Potential geladen ist, wenn nur dieses Potential beim Aufladen konstant bleibt. Beweis event. für den Kugelkondensator theoretisch wie oben, allgemein experimentell, ähnlich wie sub 3, indem man den genäherten Körper zu einem beliebigen Potential geladen hält (z. B. mittels einer Wasserbatterie).

Die Punkte 1—4 bilden ebensoviele Aufgaben für Schülerübungen.

Fassen wir 1—4 zusammen, so ist folgendes bewiesen. Die Elektrizitätsmenge, durch welche das Potential eines Konduktors um die Einheit vermehrt wird, ist unabhängig von dem schon vorhandenen Potential und auch unabhängig von dem Potential der umgebenden Körper. Sie ist nur abhängig von der Größe und Gestalt des Körpers selbst und von der Entfernung, Größe und Gestalt der umgebenden Körper. Schluß: „Wir nennen die Elektrizitätsmenge, welche das Potential eines Körpers um die Einheit vermehrt, während dabei die gegenseitige Lage und das Potential der umgebenden Körper nicht verändert wird, die Kapazität des Körpers."

Kleine Mitteilungen.

Zwei astronomische Schülerübungen.

Von **M. Salzer**, Gymnasialprofessor in Bistritz. (Siebenbürgen).

Bringt der Schüler den physikalischen Übungen großes Interesse entgegen, so gilt dieses in noch größerem Maße für die astronomischen Übungen, die er mit einfachen Hilfsmitteln anzustellen vermag, und von denen ich zwei, die Bestimmung des Sterntages, sowie die Darstellung des Venusschattens und die Messung der Lichtintensität der Venus, angeben will.

1. Zur Bestimmung des Sterntages benützt der Schüler ein einfaches Passageinstrument, das er ohne Kosten und Mühe selbst anfertigen kann. Ein ungefähr 70 cm langes Rohr aus Pappe, das einen Durchmesser von 8 cm hat, wird an dem einen Ende mit einem Fadenkreuz versehen, während das andere Ende durch eine Papierhülse geschlossen ist, die in der Mitte ein kleines Sehloch besitzt. Dieses einfache Instrument wird in die Meridianebene gestellt und der Durchgang eines Sternes erster oder zweiter Größe in der Nähe des Äquators an zwei aufeinander folgenden Abenden bis auf Sekunden bestimmt. Eine seitwärts aufgestellte Lichtquelle beleuchtet das Fadenkreuz. Z. B. β orionis (Rigel) ging am 27. Januar des Vorjahres $8^h\,0'\,17''$, am 28. Januar $7^h\,56'\,21''$ durch das Fadenkreuz. Der Schüler erkennt sofort, daß der Sterntag um fast 4 Minuten kürzer als der mittlere Sonnentag ist. Dabei ist streng zu achten, daß die Passageröhre für die zwei Beobachtungen dieselbe Richtung beibehält.

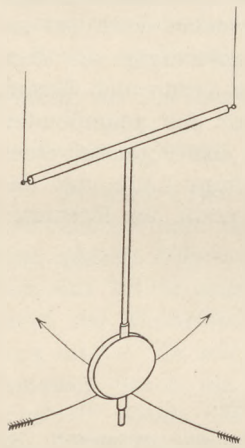
2. Zur Darstellung und Beobachtung des Venusschattens benutzt der Schüler dasselbe Rohr aus Pappe, entfernt jedoch die Papierhülse mit dem Sehloche und klemmt in das Rohr ein kleines, ungefähr 3—4 mm breites Holzstückchen, das nun durch ein dünnes, fettgetränktes Seidenpapier geschlossen wird. Der Schüler richtet das Rohr auf die Venus und bemerkt sehr deutlich den Schatten auf dem Seidenpapier. Eine Messung der Lichtintensität wird ermöglicht, wenn der Schüler den Schatten einer anderen Lichtquelle, die ein zweiter Schüler in der Entfernung von 50—150 m hält, mit dem der Venus vergleicht.

Masse und Trägheitsmoment.

Von Prof. Dr. **Karl Noack** in Gießen.

Kürzlich hat H. Pellat (*C. R. CXLIX, S. 773 u. 981, 1909*) den beachtenswerten Vorschlag gemacht, das Bifilarpendel zur exakten Bestimmung der Beschleunigung der Schwere an Stelle des Reversionspendels zu verwenden. Da diese Vorrichtung wie kaum eine zweite geeignet ist, den grundlegenden Unterschied im Einfluß der Masse auf eine Bewegung zu zeigen, je nachdem dieselbe eine fortschreitende oder eine drehende ist, so möchte ich an dieser Stelle auf eine einfache Ausführungsform des Versuches aufmerksam machen.

Man kann dem Apparat für Demonstrationszwecke beispielsweise die folgende einfache Einrichtung geben (siehe nebenstehende Figur): An den Enden einer ungefähr 24 cm langen Messingröhre von $^1/_2$ mm Wandstärke und 7 mm äußerem Durchmesser sind ganz kleine Messingösen eingelötet; in der Mitte ist die Röhre durchbohrt und eine ebensolche Messingröhre von etwa 30 cm Länge und 5 mm Durchmesser senkrecht eingelötet, so daß ein T-förmiger Körper entsteht. Auf diesem senkrechten Arm läßt sich mit leichter Reibung ein etwa 10 cm langes, an den Enden geschlitztes Messingrohr von 6 mm äußerem Durchmesser verschieben, auf welches eine Bleilinse von 500 g Gewicht aufgegossen worden ist, was mit einer Pillenschachtel als Gießform, durch die man das in der Mitte etwas verzinnte Rohr diametral durchgesteckt hat, leicht geschehen kann.



Dieser Pendelkörper wird an zwei parallelen dünnen Drähten, die in die beiden Ösen eingehakt sind, an einem Träger aufgehängt, der nicht mitschwingen kann; er kann dann auf zwei Arten in Schwingungen versetzt werden: entweder man läßt ihn in der vertikalen Ebene der beiden Aufhängefäden schwingen, dann ist seine Bewegung eine rein fortschreitende, bei der alle Punkte gleiche Kreisbögen beschreiben, oder man versetzt ihn in Schwingungen, deren Ebene zur vertikalen Fadenebene senkrecht steht, dann ist die Bewegung des Pendelkörpers eine drehende, alle Punkte beschreiben Kreisbögen, deren Länge mit ihrem Abstand von der Drehungsachse wächst.

Im ersten Falle muß die Schwingungsdauer von der Lage des Schwerpunktes unabhängig sein und nur von der Länge der Aufhängefäden abhängen, und darin liegt der Wert, den die Vorrichtung möglicherweise für die Bestimmung von g hat; im zweiten Falle muß die Schwingungsdauer wachsen bei einer Verschiebung des Schwerpunktes von der Schwingungsachse weg.

Wurde beispielsweise der beschriebene Schwingungskörper an zwei dünnen parallelen Messingdrähten von 0,2 mm Dicke und 99,4 cm Länge aufgehängt, so ergaben sich die folgenden Schwingungszeiten:

Schwingungen in der Ebene der parallelen Aufhängedrähte:

Bleilinse oben, $t = 1{,}000''$; Bleilinse unten, $t = 1{,}003''$,

Schwingungen senkrecht zur Fadenebene:

Bleilinse oben, $t = 1{,}025''$; Bleilinse unten, $t = 1{,}120''$.

Die kleine Differenz im ersten Falle rührt wohl von der nicht ganz einwandfreien Art der Aufhängung her, die aber für Demonstrationszwecke genügen dürfte.

Messende Versuche über die Größe des Luftdrucks.

Von **Rudolf Ullrich** in Tetschen a. Elbe.

1. Ein einfaches Experiment kann dazu dienen, auf der Unterstufe die Größe des Luftdrucks ohne Hilfe des Torricellischen Versuchs zu demonstrieren. Es zeigt die Erscheinung äußerst unmittelbar und kann als Einleitung in die rechnerische Behandlung des Torricellischen Versuches auf höherer Stufe benützt werden.

In einen Hohlzylinder aus Messing ist ein Vollzylinder aus demselben Material eingeschliffen. (Fig. 1.) Die Länge des letzteren beträgt ca. 3 cm, sein Querschnitt genau 1 cm². An den äußeren Zylinder ist eine Schraube angeschnitten, um ihn im Luftpumpenteller befestigen zu können. Ist dieses nicht möglich, so muß man den Zylinder mit einem kleinen Teller versehen[1]). Ein dünner Kupferdraht führt vom Vollzylinder aus lotrecht zu der Wagschale einer Wage und wird so gekürzt, daß der Stempel bei arretierter Wage ca. 15 cm vom Boden des Hohlzylinders entfernt ist. Setzt man die Luftpumpe in Tätigkeit, so wird der Stempel sofort hineingezogen, was man durch aufgelegte Gewichte zu hindern sucht. Kommt dabei endlich die Wage ins Gleichgewicht, so hat man den Luftdruck für 1 cm² ermittelt. Unter die Gewichtsschale stellt man am besten ein kleines Tischchen und beschränkt dadurch die Exkursionen der Wage so weit, daß der Stöpsel durch zu große Belastung der Gewichtsschale nie ganz aus seiner Hülle gerissen werden kann. An Stelle der Wage können natürlich zwei Rollen oder ein Hebel treten. Der Schliff der Flächen braucht nicht so sorgfältig zu sein, als man vielleicht vermuten würde. Wegen der auftretenden stärkeren Reibung ist es besser, auf ein zu genaues Schließen zu verzichten und mittels Talgs zu dichten. Die eindringende Luft kann leicht durch anhaltendes ruhiges Pumpen entfernt werden.

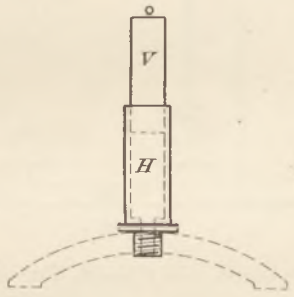


Fig. 1.

2. Die Messung des Luftdruckes mittels einer Quecksilbersäule geschieht auf zweifache Art, entweder durch die Versuchsanordnung Torricellis oder mittels eines U-Rohres, das einerseits durch einen Hahn verschlossen ist. Eine geringfügige Abänderung der ersten Form des Versuches ermöglicht es ebenfalls, die Größe des Luftdruckes ohne Rechnung zu bestimmen.

Statt der Schale mit Quecksilber benützt man eine Flasche mit weitem Hals, die durch einen Kork verschlossen ist. Die Röhre wird durch ein exzentrisch in den Kork gebohrtes Loch gesteckt und ungefähr bis zur Mitte der Flaschenhöhe eingeschoben. Führt man das Rohr in der angegebenen Weise ein, so spart man an Quecksilber. Eine zweite, kurze Röhre mit einem Glashahn stellt die Verbindung des Flascheninnern mit der äußeren Luft her. Diese Öffnung ist zwar nicht unbedingt nötig, da selten ein Kork so luftdicht schließt, daß sich nicht binnen kurzer Zeit nach der Füllung der Überdruck ausgeglichen hätte. Stürzt man die Vorrichtung um, so fließt das Quecksilber in die Röhre und bleibt in Barometerhöhe stehen, wenn man den Apparat in seine frühere Stellung zurückbringt. Luftblasen, die sich gelegentlich der ersten Füllung gebildet haben, entfernt man durch Neigen der Röhre. Wie man aus dieser Darstellung ersieht, ist der Versuch eine Anwendung der Kohlrauschschen Füllungsmethode der Knallgasvoltameter. Das Volumen der Flasche und die nötige Quecksilbermenge richtet sich natürlich nach den Dimensionen des Rohres. Die von mir verwendete Röhre hat bei einer Länge von 90 cm einen Querschnitt von 0,98 cm². Die Flasche faßt ungefähr 3 kg Quecksilber. Die Röhre trägt 4 cm vom offenen Ende eine Papiermarke als Nullpunkt und 70 cm davon einen 10 cm langen

[1]) Der k. k. Mechaniker Josef Kettner, Prag, Deutsche Technik, liefert den Zylinder zu 4 M resp. 6 M.

Millimetermaßstab aus Papier, dessen Zentimetereinteilung aus abwechselnd schwarzen und weißen Feldern besteht.

Die Art der Füllung der Röhre schließt eine Kapillarröhre, wie sie von den Handlungen oft geliefert wird, überhaupt aus, da in eine solche Röhre das Quecksilber nicht von selbst einfließt. Unter 5 mm Durchmesser darf man daher nicht gehen. Aber auch bei Anwendung der gewöhnlichen Art der Füllung sollte man aus dem Grunde keine Kapillarröhren verwenden, da der Fehler in der Barometerhöhe, durch zurückbleibende Luftblasen hervorgebracht, um so größer wird, je kleiner das Volumen des Vakuums ist.

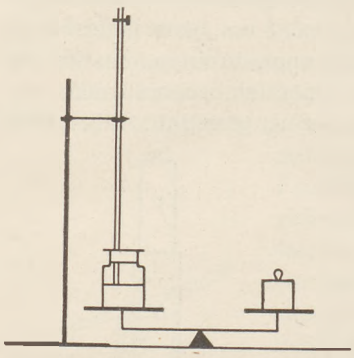


Fig. 2.

Um nun durch Wägung die Größe des Luftdruckes zu ermitteln, hat man die Menge Quecksilber zu wägen, die sich im Rohre über der Nullmarke befindet. Man stellt die gefüllte Flasche auf die Wagschale einer Tafelwage (Fig. 2). Die Röhre samt dem etwas in die Höhe geschobenen Kork wird an einem Stativ so befestigt, daß die Röhre bis zur Nullmarke in das Quecksilber taucht, wenn die Wage einspielt. Dadurch wird die Luft im Innern des Rohres etwas zusammengedrückt. Man würde daher einen Wägefehler von der Größe dieses Überdruckes begehen, weshalb bei diesem Versuch das Rohr mit einem Hahn versehen sein muß, der geöffnet wird. Nach der Füllung bringt man das Rohr samt der Flasche in die frühere Stellung. Das Gewicht ist jetzt um das der gehobenen Quecksilbersäule vermindert; man muß daher, um Gleichgewicht herzustellen, auf die Schale mit der Flasche eine Anzahl Gewichte aufbringen.

Da der Auftrieb des eingetauchten Glasrohres bei beiden Wägungen derselbe ist, gibt das ermittelte Gewicht das Gewicht der gehobenen Quecksilbersäule und daher den Luftdruck für 0,98 cm^2 an.

Die folgende Versuchsreihe zeigt die Genauigkeit der Messung:

Barometerstand	Gewogen	Berechnet	Fehler
740 mm	975 g	984 g	1,1 %
726 -	950 -	968 -	1,0 -
712 -	940 -	949 -	0,9 -

Bestimmung des Brechungsquotienten von Flüssigkeiten.

Von Prof. Dr. **Alexander Witting** in Dresden.

Als Ergänzung zu den Mitteilungen von Herrn J. Schröder in Heft 1, S. 26 d. Jahrg. erlaube ich mir, drei andere Methoden anzugeben, deren ich mich neben jener noch bediene.

1. (Fig. 1.) Man beklebe ein dünnwandiges zylindrisches Becherglas auf der vorderen Hälfte mit zwei Stücken schwarzen Papiers, die zwischen sich einen von oben nach unten gehenden Spalt S offen lassen; die hintere Hälfte beklebe man mit dünnem Seidenpapier[1]). Dann füllt man etwa ein Drittel mit Wasser, das zweite Drittel mit wasserklarem Maschinenöl — kurz, man nehme mehrere nicht mischbare durchsichtige Flüssigkeiten. Das Licht L_1 wird nun so aufgestellt, daß es durch den Spalt S die Gegenmantellinie G beleuchtet. Ein seitlich gestelltes anderes Licht L_2 beleuchtet durch den obersten lufterfüllten Teil des Bechers ein Stück der Mantellinie U, durch eine der Flüssigkeiten ein Stück einer anderen Mantellinie V. Bezeichnet

[1]) Nur mittels Wassers; man halte das Seidenpapier während der Versuche feucht.

man den Radius des Zylinders mit r, den Einfallswinkel mit α, den Brechungswinkel mit β, so ist

$$\sin\alpha = \frac{GU}{2r}, \qquad \sin\beta = \frac{GV}{2r}, \qquad \text{also} \qquad n = \frac{GU}{GV}.$$

Diese Sehnen GU und GV lassen sich aber unmittelbar mit dem Zirkel abgreifen. Da man mehrere Flüssigkeiten zugleich in dem Becher hat, so kommt die Verschiedenheit ihrer Brechungsquotienten unmittelbar zur Anschauung und Messung. Ferner möchte man im Unterricht darauf aufmerksam machen, daß die spezifisch dichtere Flüssigkeit Wasser optisch dünner ist als das Öl, daß also spezifische und optische Dichte nicht übereinstimmen. Legt man eine ebenso beklebte zylindrische Glasscheibe von gleichem Durchmesser unter das Becherglas, so wird der Versuch noch lehrreicher. Schichtet man zwei mischbare Flüssigkeiten vorsichtig übereinander, so kann man deren Diffusion verfolgen.

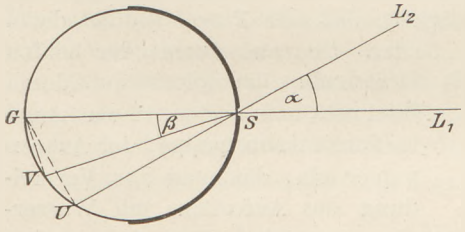


Fig. 1.

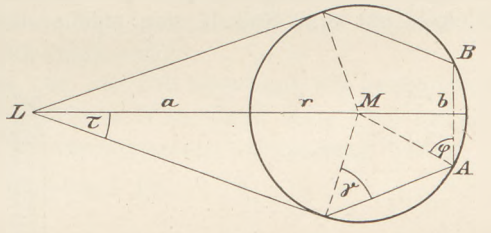


Fig. 2.

2. (Fig. 2.) Die zweite Methode der Bestimmung von Brechungsquotienten macht etwas mehr Rechnung nötig; sie bedient sich ebenfalls eines dünnwandigen zylindrischen Becherglases, das aber nur auf der hinteren Hälfte mit Seidenpapier beklebt ist[2]).

Stellt man im Abstande a vor den gefüllten Zylinder das Licht L auf, so erscheint auf der Rückseite ein heller scharfbegrenzter Streifen von der Breite $AB = b$.

Ist γ der Grenzwinkel der Brechung, 2τ der Winkel, den die von L ausgehenden Tangenten bilden, und φ der Winkel MAB, so ist

$$\cos\varphi = \frac{b}{2r}, \qquad \sin\tau = \frac{r}{a+r}, \qquad n = \frac{1}{\sin\gamma} = \frac{1}{\cos\frac{\varphi+\tau}{2}}.$$

Auch hier wird man die Glasscheibe und verschiedene Flüssigkeiten gleichzeitig anwenden.

3. Eine dritte Methode mag noch erwähnt werden, weil sie an sich interessant ist und gelegentlich ebenfalls zu Schülerübungen verwendet werden kann.

Wenn eine plankonvexe Linse aus Glas (Brechungsquotient n') mit der konvexen Seite (Radius r) an Luft, mit der ebenen Seite an ein Medium mit dem Brechungsquotienten n grenzt, so ist in diesem Medium die Brennweite durch die einfache Formel

$$f_n = \frac{n\,r}{n'-1}$$

gegeben. Man erkennt also, daß die Brennweite dem Brechungsquotienten n proportional ist. Der in Fig. 3 skizzierte Apparat[3]) ist in einfachster Weise aus Messingröhren mit Mattscheibe m angefertigt. Man bestimmt zuerst die Brennweite f_1 für Luft, sodann die Brennweite f_n für die hineingegossene Flüssigkeit und findet endlich

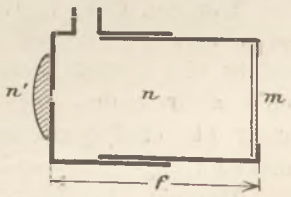


Fig. 3.

$$n = f_n : f_1.$$

[2]) Einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. M. Toepler entnehme ich, daß diese Methode schon irgendwo veröffentlicht ist. Weiß einer der Leser, wo und wie?

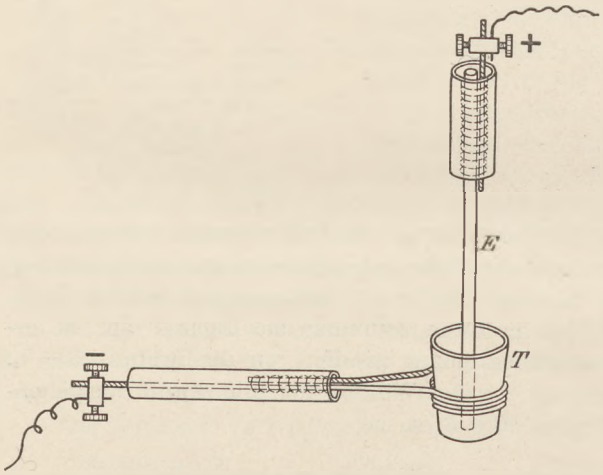
[3]) Zu beziehen vom Mechaniker Eduard Ahl, Dresden-A., Georgplatz.

Über einen kleinen elektrischen Ofen für Demonstrationszwecke.

Von **E. Rupp** und **G. Rotter**.

Vor einiger Zeit berichtete F. Bölling in der Chemikerzeitung[1]) über Silundum, ein höchst hitzebeständiges, mit Silizium imprägniertes Kohlematerial, welches dazu berufen sein dürfte, in der Industrie elektro-thermischer Apparate eine Rolle zu spielen. Unter anderen Formstücken bringen die Prometheuswerke Frankfurt a. M.-Bockenheim auch einen kleinen Tiegel von ca. 30 ccm Inhalt aus genanntem Material in den Handel. Wir konnten feststellen, daß sich damit ein billiges und einfaches elektrisches Öfchen für kleinere Demonstrationsversuche zusammenstellen läßt, das in der Form und Anordnung einem sehr gebräuchlichen Ofentyp der Technik entspricht.

Die Zusammenstellung, welche aus nebenstehender Skizze erhellt, ist folgende: Dem Tiegelumfang entsprechend windet man aus 2—3 mm starkem Kupfer- oder Nickeldraht eine Spirale von solcher Gleichmäßigkeit, daß der Tiegel *T* dicht darin sitzt. Den aus einem oder beiden Drahtenden der Spirale gebildeten Stiel rollt man auf ca. 12 cm Länge in dünne Asbestpappe oder Asbestpapier ein, das man zur Vermeidung des Aufrollens mit Wasserglas verklebt. Der Asbestbelag bildet eine genügende Isolation gegen den Strom und die Wärme. Am Stielende schraubt man zur Stromzuleitung eine Polklemme an. Der Tiegel hat die Kathode zu bilden. Als vertikale Anode dient eine ca. 5 mm dicke Bogenlampenkohle *E*. Man bringt dieselbe durch Dünndraht-Bewicklung mit einem Stück Kupferdraht oben angegebener Stärke in leitende Verbindung, befestigt an dem Kupferende eine Polschraube und sorgt wiederum durch eine dicke Asbesthülse für ausreichende Isolation. Anode und Kathode werden nun derart in ein gewöhnliches Laboratoriumsstativ eingeklammert, daß die Vertikalanode sich mittels der Stativmuffe in der Richtung der Tiegelachse auf und ab bewegen läßt. Selbstredend hat man, um sich gegen Kurzschluß zu sichern, dafür Sorge getragen, daß die Backen der Stativklammern an den Asbestbewicklungen der Elektroden anfassen.



Um den Ofen in Gang zu bringen, senkt man die Anode bis auf den Tiegelboden herab, füllt von dem jeweiligen Beschickungsmaterial eine ca. 1 cm hohe Schicht ein, schließt den Strom und zieht den zwischen Tiegelboden und Lampenkohle auftretenden Lichtbogen durch ganz allmähliches Heben des Kohlenstiftes soweit als angängig auseinander, worauf weiteres Beschickungsmaterial in kleinen Portionen zugegeben und eventuell durch einen Glasstab im Tiegel verteilt wird.

Um ein Abreißen des Lichtbogens sofort zu erkennen und selbigen durch erneutes Niederdrücken des Kohlestiftes alsbald wieder anstellen zu können, empfiehlt es sich, ein Ampèremeter in den Stromkreis einzulegen.

Bei gutem Sitz des Tiegels in der Spirale dürfen zwischen dieser und der Tiegelwand keine oder nur ganz unbedeutende Überfunkungen auftreten. Aus Kupferdraht gewickelte Spiralen belegen sich allmählich mit einer Schicht von

[1]) Jahrgg. 1908, 1104.

Kupfer-Hammerschlag, der jedoch beim Erkalten des Ofens abspringt, so daß bei weiteren Versuchen die erforderliche blanke Metalloberfläche wieder hergestellt ist.

Den Kohlenstab zur Anode zu machen, empfiehlt sich aus dem Grunde, weil sich diese stärker abnützt, der Tiegel als Kathode daher mehr geschont wird und für eine Reihe von Versuchen benutzbar bleibt.

Ein fein gepulvertes Gemisch von Kalk und Holzkohle läßt sich mit dieser kleinen Vorrichtung bei einer Stromstärke von 4—6 Ampere in intensive Glut versetzen und enthält nach dem Erkalten bröcklige Massen von Kalziumkarbid, die in einem Reagensglas mit Wasser übergossen, lebhaft Acetylen entwickeln, das, direkt oder durch eine Glasrohrspitze ausmündend, entzündet werden kann.

Auch ein Gemisch aus feinst gepulvertem Koks und Kieselgur mit Zusatz von Kochsalz als Flußmittel versetzten wir auf diese Weise in Reaktion und wiesen das entstandene Karborundum durch die Schliffwirkung auf Glas nach. Die bei längerer Versuchsdauer am Kohlestab anbackenden Massen zeigen unter der Lupe die charakteristischen polychromen Kristallreflexe des Siliciumkarbids.

Als Stromquelle benutzten wir Netzstrom von 110 Volt Spannung mit geeignetem Vorschaltwiderstand. Als solcher kann der abstufbare Widerstand einer Projektionslampe, ein Flüssigkeitswiderstand oder ein Lampenwiderstand Verwendung finden.

Pharmazeutisch-chemisches Institut Königsberg i. Pr.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Zur Fortpflanzung des Druckes. Von **P. Meutzner** in Annaberg. Schwalbe hat (*Zeitschr. z. Förd. des phys. Unterr. III*) empfohlen, die Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten und Gasen mittels eigenartiger cartesianischer Taucher zu zeigen. Rebenstorff hat dann (d. Zeitschr. *XI, 213*) angegeben, wie man sich sehr einfach aus Reagensgläsern geeignete, äußerst empfindliche Taucher herstellt. Benützt man ein ungefähr 55 mm langes (blaues) Gläschen[1]) von etwa 7 mm lichter Weite — beim Umkehren des gefüllten Röhrchens soll das Wasser nicht ausfließen —, so kann man damit recht überraschend auch die gewöhnlich nicht gezeigte Fortpflanzung des Druckes von unten nach oben dartun. Dazu bringt man in einen hohen, mit Wasser gefüllten Standzylinder den kleinen Taucher, der mit Wasser so abgewogen wird, daß er beim Einsetzen nur noch 1 mm weit über den Flüssigkeitsspiegel emporragt. Dreht man jetzt den mit einem recht gut passenden Gummistopfen verschlossenen Zylinder rasch um, so dringt bei geschickter Ausführung nur noch so viel Wasser in den Taucher ein, daß er mit hoher Empfindlichkeit schwimmt. Der Apparat bietet den durch die Figur erläuterten Anblick. Bei mäßigem Druck auf den Stopfen sinkt der Taucher etc.

Für die Praxis.

Das Wasserbarometer. Von **Karl Fuchs** in Preßburg. Es besteht das falsche Vorurteil, das Rohr eines Wasserbarometers müsse vertikal und gerade sein. In Wirklichkeit braucht man nur ein oberes und ein unteres Wasserstandglas (das obere am oberen Ende geschlossen) und zwischen beiden ein ganz beliebig, etwa durch das Stiegenhaus gelegtes Bleirohr.

[1]) Viel geeigneter ist eine abgesprengte große Thermometerkugel; vgl. übrigens Antolik ds. Ztschr. *IV, 124. Nr. 8.*

Das obere Standglas O (Fig. 1) hat oben einen geschliffenen Endschnitt und kann mittels einer kleinen Glasscheibe und eines zwischengelegten Kautschukblattes geschlossen werden. Auch kann mittels eines Kautschukpfropfens eine Schale aufgesteckt werden, die man mit Wasser gefüllt hält, damit im Falle einer Undichtigkeit nicht Luft, sondern Wasser in das Vakuum dringe.

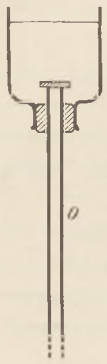


Fig. 1.

Das untere Standglas U (Fig. 2) ist ein U-Rohr mit zwei Hähnen H_1 und H_2, und es ist an die Wasserleitung WL oder an eine Pumpe angeschlossen. Wenn man das Barometer füllen will, schließt man H_2 und öffnet H_1, so daß das Wasser im Rohr steigt, bis es oben ausfließt. Dann schließt man H_1, deckt oben mit der Glasplatte zu und öffnet H_2.

An jedem Standglas ist irgendeine Nullmarke. Deren Höhenunterschied durch Türen und Stockwerke zu messen, ist eine nützliche Übung für die Schüler.

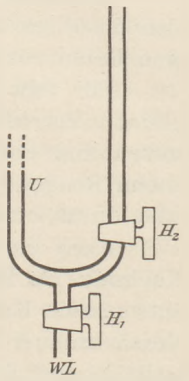
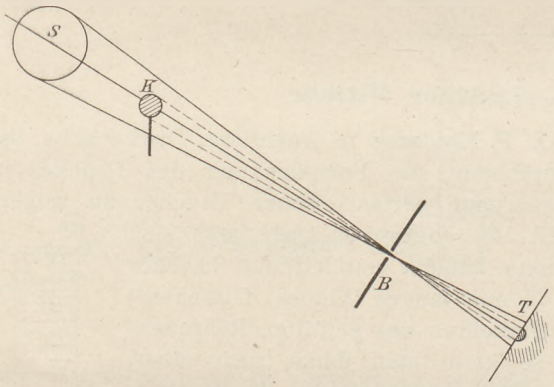


Fig. 2.

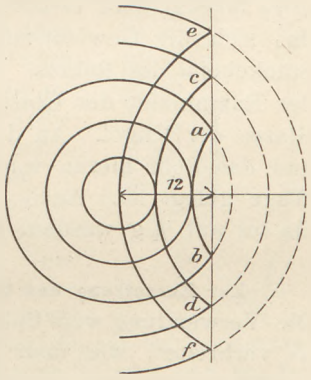
Der Gnomon. Von Karl Fuchs in Preßburg. Die Säule des Gnomons läßt man von jeher in eine Spitze enden. Die Spitze hat aber den Nachteil, daß sie einen sehr unsicheren Schatten gibt. Es ist besser, die Spitze durch eine kleine Kugel K zu ersetzen und mittels eines kleinen Loches in einer Karte B auf dem Schirme T oder der Horizontalebene ein Bild der Sonne S zu entwerfen. Das helle Sonnenbild hat wohl einen verschwommenen Rand; das schwarze Bild der Kugel K ist aber scharf, und die Karte muß so gehalten werden, daß das Bild der Kugel in die Mitte des Sonnenbildes fällt. Dann gibt der Mittelpunkt des scharfen Kugelbildes den Sonnenstand an.



Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Eis. Von Dr. E. Magin in Hamburg. Man nimmt ein Becherglas voll Spiritus mit dem spezifischen Gewicht ca. 0,8 bis 0,9 und wirft ein Stück Eis hinein. Dieses sinkt zunächst zu Boden. Der Spiritus bringt das Eis langsam zum Schmelzen, wobei sich das gebildete Wasser mit dem Spiritus vermischt (was durch Umrühren unterstützt werden muß) und sein spezifisches Gewicht nach und nach vergrößert. Im Augenblick, wo das spezifische Gewicht des Spiritus das des Eises erreicht hat, steigt das Eisstückchen langsam an die Oberfläche. Man nimmt es heraus und bestimmt das spezifische Gewicht der Flüssigkeit mit der Mohrschen Wage. — Beim Auswählen des Eisstückchens ist einige Vorsicht nötig, da es keine Luftblasen enthalten darf. Kleinere Luftbläschen, welche kaum zu vermeiden sind, beeinträchtigen das Resultat nicht wesentlich.

Demonstrationen zur Wellenlehre. Von P. Meutzner in Annaberg. Unter diesem Titel hat Grimsehl (diese Zeitschr. *XIX*, *271 fgd.*) Versuche mit einem Wellenteich und Nebenapparaten beschrieben, die schon wegen der Dimensionen des Wasserkastens (1 × 2 m Grundfläche, 10 cm Höhe) nicht bequem erscheinen. Viel empfehlenswerter ist die Anordnung bei Silv. Thompson (Sichtbares und unsichtbares Licht, übers. v. Lummer, S. 5). Statt des dort gezeichneten Tisches genügt aber völlig ein

Zinkblechkasten von 50 : 50 cm Seite, 3 cm Höhe, dessen Bodenfläche eine sehr gut in Kitt eingelegte Glastafel bildet, damit man mittels einer untergesetzten Bogenlampe die prächtigen, großen Wellenbilder an die Decke des Lehrzimmers projizieren kann. Einmaliges Eintauchen einer Fingerspitze gibt das einfache Kreiswellensystem; taucht man zwei Fingerspitzen ein, dann entstehen Interferenzen, die man bequemer und dauernd beobachten kann, wenn man die Wellensysteme durch gleichmäßig fallende Tropfen aus zwei Büretten hervorruft. Für das übrige sei auf Grimsehls Aufsatz verwiesen. Zur Erzeugung ebener Wellen dient ein starkes, 48 cm langes, in der Mitte mit einem Stil versehenes Glasrohr. Man braucht noch einen ebenen Spiegel d. i. einen 50 cm langen, geraden Zinkblechstreifen; einen Hohlspiegel d. i. einen konkaven Zinkblechstreifen von etwa 26 cm Radius bei 45 cm Sehnenspannung, und drei kürzere, gerade Zinkblechstreifen (20, 20 und 5 cm lang), mittels deren man eine Wand mit einer oder zwei Öffnungen (für Beugungen in der zweiten Hälfte des Teiches) aufbaut. Hat der konkave Blechschirm 24 cm Radius, so bezeichnet ein 12 cm langer Draht zugleich die Lage des Brennpunktes. Ein vom Brennpunkt aus erregtes Kreiswellensystem wird tadellos in lineare Wellen verwandelt; immer noch ganz deutlich spielt sich die umgekehrte Erscheinung ab. Für Schulversuche scheint die nicht neue Anordnung[1]) bisher wenig verwendet worden zu sein.



Will man zeigen, daß bei der Reflexion von Kreiswellen an einer ebenen Wand der Mittelpunkt des reflektierten Wellensystems ebensoweit hinter der Wand liegt, als das erregende Zentrum sich vor der Wand befindet, so biegt man sich drei dem System zugehörige Kreisbogen *ab* (17), *cd* (25), *ef* (32 cm) aus 1,5 mm dickem Kupferdraht. Legt man einen geraden Draht (von 12 cm) rechtwinklig zur ebenen Wand, die drei Bogen *ab*, *cd*, *ef* symmetrisch zum Draht auf den Glasboden des Teiches, so decken sich die Bilder der von der Wand zurücklaufenden Wellenkreise recht genau mit denen der Drahtbogen. Damit ist obiger Satz bewahrheitet.

Die Brechung der Wellenbewegung zeigt man folgendermaßen. In den Wellenteich legt man eine trapezförmige Glastafel (von den Seiten 10, 48, 30, 52 cm), deren Seiten (10, 42) und (42, 30) zueinander rechtwinklig stehen. Auf der Rückseite hat das Trapez drei 2 mm hohe Korkfüßchen, damit es vom Wasser beim Einlegen ohne Blasenbildung unterspült wird. Auf diese Glastafel bringt man eine ziemlich hohe Schicht Glyzerin. Um dabei dessen Ablaufen zu erschweren, empfiehlt es sich, längs der Ränder des Trapezes mit einem fettigen Papierbausch einen 5 mm breiten, dünnen Grenzstreifen zu ziehen. Hierauf füllt man so viel Wasser in den Teich, bis die Oberfläche der längs der schrägen Viereckseite (51) sich berührenden Flüssigkeiten angenähert in gleicher Höhe liegen. Im Wasser erregte lineare Wellen vollziehen beim Eintritt in das Glyzerin eine sehr deutliche Schwenkung.

Geschwindigkeit des Schalles in Leuchtgas. Von **P. Meutzner** in Annaberg. Schneller und bequemer als mit der Kundtschen Röhre (vgl. z. B. Weinhold, Demon. 4. Aufl., 276, bes. Anm. 1) läßt sich die erhöhte Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Leuchtgas bestimmen, wenn man eine kleine offene Orgelpfeife in einer reinen Leuchtgasumgebung anbläst. Ich benutze eine zinnerne a_2-Pfeife. Man verbindet sie in vertikaler Stellung durch einen Schlauch mit der Gasleitung und stülpt einen etwa 35 cm langen Standzylinder über, der sich nach und nach nur mit Leuchtgas füllt.

[1]) Vgl. auch Schreber u. Springmann, Experim. Phys. I. Bd, S. 105.

Steht (nach innen) der Mund etwa 3 cm vom Zylinderrand ab, so erklingt sehr laut e_3, zum Beweis, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Leuchtgas das $1^1/_2$ fache der in der Luft ist.

Kalibrierung eines Dilatometers. Von H. Rebenstorff in Dresden. Für Schülerübungen mit einem aus Glasrohr mit Kugel am einen Ende bestehenden Dilatometer ist die Kalibrierung durch die damit Umgehenden erwünscht. Die Rohrweite ist am bequemsten auffindbar. Beim Anfüllen der ganzen Kugel mit Quecksilber findet jedoch leicht Zerbrechen statt. Auf die Verwendung des „Änderungsgesetzes" und Messung der Eindringtiefe von Wasser bei Druckzunahme in Kugel und Rohr um $^1/_{100}$ war schon früher verwiesen (diese Zeitschr. *XXI, 172*). Man kann auch wie folgt hinreichend genau den Rauminhalt der Kugel finden. Zunächst wird der Inhalt der von der äußeren Glasoberfläche begrenzten Kugel aufgesucht. Hierzu senkt man sie, am Glasrohre festhaltend, in ein Becherglas mit Wasser, das tariert auf der Wage stand, und bestimmt die Gewichtszunahme des Wassers. Bei einem Rauminhalt von etwa 50 ccm wird es auf ein halbes Gramm mehr oder weniger nicht ankommen, um das sich die Gewichtszunahme ändert, je nach der Tiefe des Miteinsenkens eines Stückchens des Rohres. Von der gefundenen Gewichts-, also auch Volumgröße ist der Rauminhalt der Glasmasse abzuziehen. Diese ergibt sich aus dem Gewichte des Glases der Kugel. An der Mitte des Kugelrohres wird ein Zwirnsfaden festgeknotet und das Rohr hieran wagerecht gehalten, während die Kugel auf die Schale einer Wage gelegt ist. Auch hierbei wird die Gewichtsbestimmung nicht leicht genauer als bis auf $^1/_2$ g werden. Division durch 2,5 ergibt das abzuziehende Glasvolumen.

Zur Zersetzung des Wassers durch Calcium. Von W. Lettermann in Groß-Gerau. Die Verwendung von Calcium im chemischen Unterrichte ist bei weitem noch nicht so verbreitet, wie man es bei der außerordentlichen Einfachheit und bequemen Ausführbarkeit der Versuche erwarten sollte. Der Preis des Materiales ist seit der Veröffentlichung der „Vorlesungsversuche mit elektrolytisch dargestelltem Calcium" von Prof. OHMANN (ds. Zeitschr. *XIX, 83*) noch wesentlich gesunken. Die Firma E. Merck in Darmstadt liefert 100 g Calcium metallicum zu M 1,50, Calcium met. raspatum zu M 1,80. Bei der Zersetzung des Wassers fand ich es praktisch, die Späne in einer Blechbüchse von 2—3 cm Durchmesser, wie sie etwa zum Verkaufe von Reißnägeln dient, verschlossen unter die Mündung des auf der Brücke stehenden Fußzylinders zu bringen. Boden und Deckel des Büchschens waren durch Eintreiben einer Nadel mit je 20—30 Löchern versehen. Noch bequemer ist es, die Späne in ein Läppchen aus porösem, dünnem Stoffe einzubinden. Die Reaktion geht auf diese Weise stürmisch und mit beträchtlicher Wärmeentwicklung ohne nennenswerte Verluste an Gas und Metall vor sich.

Das Leuchten des Phosphors. Von E. Brunn in Sonderburg. Bei Gelegenheit des Versuchs über die Selbstentzündung fein verteilten Phosphors kann man das Leuchten des Phosphors im Dunkeln in sehr hübscher Weise zeigen. Man paßt dazu das Stück Filtrierpapier[1]), das man mit der Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff tränken will, auf den Ring eines eisernen Dreifußes, so daß es diesen um mehrere cm überragt. Dann tränkt man es in seiner ganzen Ausdehnung mit der Lösung, legt es auf den zweckmäßig in den Abzugsschrank gestellten Dreifuß und verdunkelt das Zimmer. Bald findet die Selbstentzündung statt. Nimmt man darauf das meist nur angekohlte Papier vom Dreifuß, so leuchtet der ganze Ring längere Zeit in schönem Glanze.

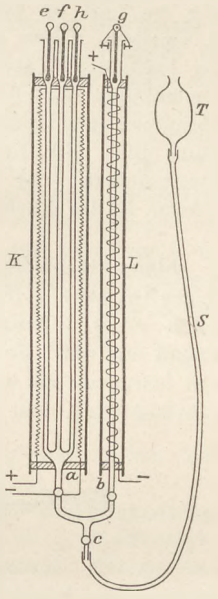
[1]) *Anm. der Red.* Vorteilhafter ist die Verwendung von ausgeglühtem Asbestpapier (vgl. diese Zeitschr. *XVI, 352*).

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Manometer zur Wasserleitung, zugleich Apparat zur Demonstration des Boyle-Mariotteschen Gesetzes. Von SÁNDOR MIKOLA. Zwei starkwandige Röhren, eine offene längere und eine kürzere, mit Hahn versehene, werden mit einem Quecksilberbehälter und dieser mit der Wasserleitung in Kommunikation gesetzt. *A* ist der Wasserleitungshahn, durch welchen Wasser in den Apparat eindringt; es wird das Quecksilber von *C* durch den Druck des Wassers in die Röhren *D* und *F* getrieben. Die Röhre *D* trägt einen gut schließenden Hahn *E*; es wird also die Luft in ihr nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz zusammengepreßt. Durch die Höhe der Quecksilbersäule in der offenen Röhre *F* wird der Druck gemessen. Je nachdem man den Hahn *A* kürzere oder längere Zeit öffnet, erzeugt man einen kleineren oder größeren Druck. Die Röhre *F* wird so lang genommen, wie es der in der Wasserleitung herrschende Druck erfordert (also bei 2 Atm. ca. 150 Zentimeter). Der Hahn *H* dient zum Auslassen des Wassers. Der ganze Apparat wird auf die Wand montiert.

Universal-Apparat zu den Versuchen über die Gesetze der Gase und Dämpfe. Von SÁNDOR MIKOLA[1]). Im Prinzip ist dieser Apparat eine Modifikation des Apparates nach Schaffers (*diese Zeitschr. 1905, 217*), in welchem elektrische Luftheizung angewandt wird; statt der schlecht schließenden Hähne werden aber Ventile gebraucht. Drei barometrische Röhren aus nicht zu starkwandigem Glas werden in eine weitere Röhre gesetzt, in welche auch Nickelin-Spiralen zur Heizung der Luft eingeführt sind. Die weitere Röhre wird durch Korke beiderseits gut geschlossen. Die Barometerröhren haben oben ein etwas weiteres Rohrstück als Fortsetzung, in welches die eingeschliffenen Ventile *e*, *f*, *h* einpassen. Eine vierte Barometerröhe steht separat in einer anderen weiteren Röhre und wird von der Heizungsspirale ganz umschlossen, um größere Hitze erreichen zu können. Das Ventil wird hier so konstruiert, daß es auch den von innen nach auswärts gerichteten Drucken Widerstand leisten kann. Alle vier Röhren werden durch die Hähne *a*, *b*, *c* vereinigt und durch einen Gummischlauch mit dem Quecksilberbehälter *T* verbunden.



Die Ventile *e*, *f*, *g*, *h* schließen vortrefflich, wenn man über sie Quecksilber gießt. Hahnfett ist nicht nur entbehrlich, sondern auch schädlich. Es wird auch eine Zentimeterskala angewandt. Die Nickelin-Spiralen werden durch Starkstrom gespeist.

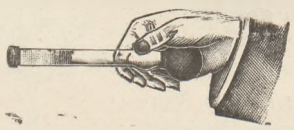
Dieser Apparat gestattet die folgenden Versuche: Torricellis Versuch, Boyle-Mariottesches Gesetz, die Ausdehnung gasförmiger Körper bei konstantem Druck, bei konstantem Volumen und bei der Veränderung beider, die Spannkraft gesättigter und nicht gesättigter Dämpfe im luftleeren und lufterfüllten Raume bei verschiedenen Temperaturen, die Spannkraft der Quecksilberdämpfe.

Apparat, um zu zeigen, wie die Luft durch Wärmestrahlen erwärmt wird. Von SÁNDOR MIKOLA. Der Apparat ist eine Vereinfachung des Apparates von Weinhold (*Phys. Demonstrationen, 3. Aufl., S. 514*). Er besteht aus zwei Glaszylindern, die unten mit Hebermanometern, oben mit Hähnen versehen sind. In den Manometern befindet sich eine gefärbte Flüssigkeit. Die Enden der Zylinder werden durch ebengeschliffene Steinsalzplatten *a*, *b* und durch eine mattschwarz angestrichene Glasplatte *c* verschlossen. Läßt man in der Richtung des Pfeiles Sonnenstrahlen oder die Strahlen einer Projektionslampe oder auch nur einer größeren

[1]) Mathematikai és Physikai Lapok, Okt. 1908.

Gasflamme hindurch, so wird die Luft im ersten Zylinder, den die Wärmestrahlen zuerst passieren, nicht erwärmt, sondern nur die im zweiten befindliche, und zwar durch Leitung von der mattschwarz angestrichenen Glasplatte. Nähert man aber dem Apparate ein nicht bis zur Rotglut erwärmtes Metallblech, so erwärmt sich die Luft im ersten Zylinder stärker als im zweiten. Diese Experimente zeigen, daß die Luft die Wärmestrahlen von kürzerer Wellenlänge ohne Absorption durchläßt, aber diejenigen von bestimmter größerer Wellenlänge nicht. (Die Erwärmung der Erde durch Sonnenschein und die Zurückhaltung der Wärme in der Nacht.)

Einen Stechheber mit Saugball [1]) empfiehlt H. Rebenstorff für die Entnahme von Anteilen einer Flüssigkeit, die freilich nicht ätzend sein darf. Es gelingt dies viel schneller und bequemer als mit der Pipette. Die Vorrichtung wird, wie die Figur zeigt, gehand-



habt. Füllen und Entlehren erfolgt durch Wirkung der letzten Finger der Hand auf den Gummiball fast augenblicklich. Besonders zweckmäßig entfernt der einfache Apparat Bodenschichten von Flüssigkeiten aus Gefäßen, die man nicht gut umkehren kann. Flüssigkeitslachen können damit vom Tische abgehoben, z. B. Tinte aus dem Tuchüberzuge eines Schreibtisches herausgesaugt werden, ohne daß man die Finger beschmutzt. Einzelne Stellen von Apparaten werden durch Aufbringen von Wasser aus dem Heber leicht abgekühlt, Niederschläge unter langsamem Lüften des Druckballes abgesaugt, beim Abgleichen von Wassermengen in Meßzylindern oder auf der Wage ist die Vorrichtung besonders bequem. Man fertigt sie aus einem sog. Chlorcalciumrohr, dessen weite Mündung mit Mullgewebe überbunden wird, während man über dem etwas gekürzten engen Rohr am andern Ende einen der kräftig saugenden kleinen Bälle festschnürt, die jetzt eine häufige medizinische Anwendung finden.

Ein Hilfsmittel zum Festmachen von Stopfen [2]) stellt nach H. Rebenstorff die „Stopfenkettung" dar, die aus einem Bügel mit Kette besteht. Der federnde Bügel (Fig. 1) wird über den Flaschenhals gestreift und die Kette über den Stopfen, dann um die beiden Hörner des Bügels und wieder zurück über den Stopfen geführt, wobei man den Stopfen etwas herunter- und die Hörner zusammendrückt.

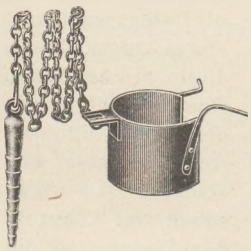


Fig. 1.

Die Kette schiebt man dann in den Einschnitt eines Blechansatzes dicht neben dem Anfange der Kette. In Fig. 3 liegt die Kette nur einmal dem Stopfen auf. Meistens genügt diese Sicherung des Stopfens gegen Innendruck. Erscheint die Kette noch lose, so kann man den konischen Metallstift an ihrem Ende noch darunterschieben. Fig. 2 und 3 zeigen diese

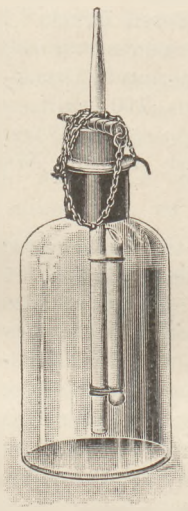


Fig. 2.

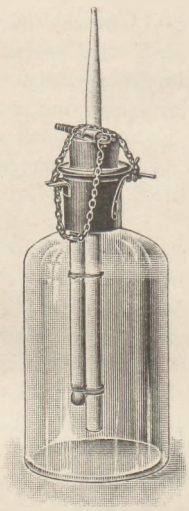


Fig. 3.

Anwendung der Stopfenkettung am „Heronsball mit Ätherdampfdruck", der bei richtiger Ausführung des Versuches einen etwa 4 m hohen Wasserstrahl liefert. —

Beide beschriebenen Vorrichtungen liefert die Firma Gustav Müller in Ilmenau.

Einen Apparat zum Studium der Interferenz des Schalles beschreibt E. Waetzmann [1]).

[1]) Chemiker-Zeitung 1909, S. 306.

[2]) Chemiker-Zeitung 1910, S. 3.

[1]) Ann. d. Physik **31**, 837 (1910).

Er benutzte dabei das Prinzip der RUBENSschen Flammenröhre. An eine $3^1/_2$ m lange, 5 cm weite Röhre ist in der Mitte ein $1^1/_2$ m langes Nebenrohr angesetzt, so daß ein T-förmiges Rohr entsteht. Beide Rohre sind auf der einen Seite in $1^1/_2$ cm Abstand mit Löchern von $1^1/_2$ mm Durchmesser versehen; auf der entgegengesetzten Seite befinden sich Ansatzröhren für die Gaszuführung. Das vordere Ende des Hauptrohres ist durch eine dünne Gummimembran, das andere Ende durch einen verschiebbaren Stempel verschlossen. Auch in dem Nebenrohr befindet sich ein solcher verschiebbarer Stempel. Schiebt man diesen bis dicht an das Hauptrohr heran, so hat man eine einfache RUBENSsche Schallröhre. Erzeugt man vor der Gummimembran einen höheren Ton, z. B. von einer Lippenpfeife, so bilden sich in dem Hauptrohr stehende Wellen aus, die durch die verschiedene Höhe und Helligkeit der einzelnen Flämmchen sichtbar werden. Wird jetzt der Stempel des Nebenrohres um 1, 3, 5 ... Viertelwellenlängen des erregenden Tons von dem Hauptrohr entfernt, so bleiben die Flammenbilder in dem vorderen Teil des Hauptrohrs ebenso wie vorher, während die Flämmchen in dem hintern Teile alle hell leuchtend in gleichmäßiger Höhe brennen. Wird der Stempel des Nebenrohres um 1, 2, 3 ... Halbwellen herausgezogen, so hängt die Erscheinung von der Lage des Stempels in dem Hauptrohre ab. Steht dieser so, daß an der Ansatzstelle des Nebenrohres ein Knoten der Bewegung liegt, so sind die Flammenbilder im Haupt- und Nebenrohr scharf ausgeprägt. Steht der Stempel des Hauptrohres so, daß an der Ansatzstelle ein Bauch liegt, so verschwinden die Flammenbilder in dem Nebenrohr, während sie in dem ganzen Hauptrohr erhalten bleiben.

Schk.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Lichtelektrische Wirkungen. Schon vor längerer Zeit haben ELSTER und GEITEL gezeigt, daß zwischen der Stärke des photoelektrischen Stromes und der Lage der Schwingungsebene des erregenden Lichts zur bestrahlten Oberfläche ein Zusammenhang besteht. Das linear polarisierte Licht einer Nernstlampe fiel auf die spiegelreine Fläche einer flüssigen *K-Na*-Legierung, welche die Kathode einer Vakuumröhre mit Wasserstoffüllung bildete; diese war in den Stromkreis einer Akkumulatorenbatterie von 100 V. eingeschaltet. Beim Drehen des polarisierenden Nicols beobachtete man eine periodische Veränderung des photoelektrischen Stromes. ein Maximum, wenn der elektrische Vektor, ein Minimum, wenn der magnetische Vektor mit der Einfallsebene zusammenfiel. Die maximale wie die minimale Stromstärke sind vom Einfallswinkel abhängig; ist dieser Null, so sind sie einander gleich, wächst er, so nimmt die minimale Stromstärke andauernd ab, während die maximale in der Nähe des Winkels von 60° ihren höchsten Wert hat. Ähnlich wie die flüssige *K-Na*-Legierung verhalten sich die flüssigen Amalgame der andern Alkalimetalle. Die Erscheinung läßt sich durch die Annahme erklären, daß der photoelektrische Strom proportional mit der an der bestrahlten Oberfläche absorbierten Lichtmenge zunimmt. Dabei ist aber der Proportionalitätsfaktor für die in der Einfallsebene liegende Komponente des elektrischen Vektors größer als für die dazu senkrechte; bei der *K-Na*-Legierung war dieses Verhältnis 30:1.

Nachdem Lenard den photoelektrischen Strom auf die Bildung von Elektronen zurückgeführt hatte, suchten ELSTER und GEITEL festzustellen, wie die Menge und Geschwindigkeit der ausgesandten Elektronen durch die Stellung der Schwingungsebene zur Einfallsebene bestimmt ist[1]). Zu den Versuchen diente wieder die flüssige *Na-K*-Legierung im Gewichtsverhältnis 1:2. Zur Erzielung eines hohen Vakuums in der photoelektrischen Zelle diente neben der Kühlung ausgeglühter Kokusnußschalenkohle durch flüssige Luft meist die Soddysche Methode der Absorption der letzten Gasreste durch erhitztes Calciummetall. Der Unterschied in der Stärke des Sättigungsstroms, d. h. der Elektronenzahl, war für die beiden Stellungen der Schwingungsebene des erregenden Lichts auch im höchsten Vakuum sehr beträchtlich; das oben angegebene Verhältnis war sogar 50:1.

Die Geschwindigkeit v der von der belichteten Fläche ausgesandten Elektronen bestimmt man nach Lenard mit Hilfe des verzögernden positiven Potentials P, das man an die belichtete Fläche anlegen muß, um zu bewirken, daß alle Elektronen wieder zu ihr zurückkehren; es ist dasselbe, zu dem die Fläche sich aufladet, wenn man sie bei geerdeter Anode isoliert im Vakuum dem Lichte aussetzt. Es ist dann $v = \sqrt{2P \cdot \varepsilon/\mu}$.

[1]) Phys. Zeitschr. **10**, 457 (1909).

Auch hier zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Schwingungsrichtung des Lichts und der Größe der Aufladung. Diese erreichte, ebenso wie der photoelektrische Strom, ein Maximum, wenn die Polarisationsebene des Lichts zur Einfallsebene senkrecht stand, der elektrische Vektor also in diese Ebene fiel, ein Minimum bei der um 90° verschiedenen Stellung. Doch waren die Unterschiede viel geringer; das Verhältnis der Aufladungen in beiden Hauptfällen ging nicht über 2:1, das der hieraus berechneten Elektronengeschwindigkeiten also nicht über 1,4:1 hinaus. Bei sehr gutem Vakuum ging das Verhältnis der Aufladungen auf 1,14 herab, so daß man annehmen kann, daß im absoluten Vakuum die maximalen Geschwindigkeiten der Elektronen in den beiden Hauptlagen der Polarisationsebene des erregenden Lichts etwa gleich sind. Um auch über die Zahl der Elektronen von geringerer als maximaler Geschwindigkeit einen Aufschluß zu erhalten, wurde die Stärke des photoelektrischen Stromes bestimmt, wenn die lichtempfindliche Zelle sich in einem schwachen Magnetfelde befand, das die langsameren Elektronen zur bestrahlten Fläche zurückführt. Es zeigte sich, daß die Zahl der Elektronen von einer unter der maximalen liegenden Geschwindigkeit, auf gleiche Gesamtzahl bezogen, größer ist, wenn das erregende Licht zur Einfallsebene senkrecht polarisiert ist, als bei ihr paralleler Lage der Polarisationsebene.

Die Untersuchungen von Elster und Geitel werden durch eine Reihe von Arbeiten von R. POHL ergänzt und erweitert[2]). Im Gegensatz zu den an flüssigen Alkalioberflächen und mit sichtbarem Licht angestellten Beobachtungen war bisher für die Metalle mit fester Oberfläche und solche, die nur unter ultraviolettem Licht Elektronen emittieren, kein Einfluß der Polarisation des Lichts gefunden worden. POHL ging von der Ansicht aus, daß ein solcher Einfluß auch nur dann zu erwarten sein kann, wenn die untersuchten Metallschichten für die kurzen Wellen der ultravioletten Strahlung im optischen Sinne Spiegel darstellen. Da sich nun mit dem Leithäuserschen Verfahren der Kathodenzerstäubung vorzügliche Spiegel herstellen lassen, so führte der Verf. seine Versuche mit solchen Spiegeln aus Platin und Kupfer aus. Das linearpolarisierte Licht einer *Hg*-Lampe fiel durch ein Flußspatfenster auf den in einem Vakuumgefäß befindlichen Spiegel, der mit einem Elektrometer in Verbindung stand. Es ergab sich in der Tat eine beträchtliche Zunahme des lichtelektrischen Stromes, wenn man von parallel zu senkrecht zur Einfallsebene polarisiertem Licht überging. Der Strom zeigte, ebenso wie bei den flüssigen Alkaliflächen, ein Maximum, wenn der elektrische Vektor in der Einfallsebene lag; bei einem Einfallswinkel $\alpha = 45°$ betrug der Unterschied für die beiden Hauptlagen im Mittel 50%. Bei größerem Einfallswinkel nahmen die Unterschiede für die beiden Hauptlagen beträchtlich zu: für $\alpha = 75°$ übertraf der Photostrom beim Zusammenfallen des elektrischen Vektors mit der Einfallsebene den Strom bei der dazu senkrechten Stellung schon um 120%. Die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen zeigte sich vom Einfallswinkel und Azimut unabhängig. Zwischen dem photoelektrischen Strom und der aus den optischen Konstanten berechneten Absorption des Lichts besteht Proportionalität. Der Proportionalitätsfaktor war für beide Hauptlagen des Azimutes und bei verschiedenem Einfallswinkel derselbe im Gegensatz zu dem oben an der *K-Na*-Legierung gefundenen Ergebnis. Der Unterschied zwischen den im Sichtbaren empfindlichen flüssigen Alkalien und den im Ultraviolett empfindlichen festen Metalloberflächen läßt sich nach POHL dahin kennzeichnen, daß die Elektronen bei jenen als „freie" dem elektrischen Vektor folgen, während bei diesen das ultraviolette Licht von „gebundenen" Elektronen absorbiert wird.

Um diesen Unterschied noch weiter aufzuklären, untersuchte POHL auch ein flüssiges, im Ultraviolett empfindliches Metall, nämlich das Quecksilber. Die flüssige Quecksilberoberfläche zeigte im polarisierten ultravioletten Licht das gleiche Verhalten wie die festen Spiegel ultraviolett empfindlicher Metalle, d. h. die Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes vom Azimut des elektrischen Vektors erklärt sich für verschiedene Einfallswinkel durch eine einfache Proportionalität zwischen der Zahl der emittierten Elektronen und der absorbierten Lichtmenge.

Da die Ausnahmestellung der Alkalimetalle in ihrem lichtelektrischen Effekt hiernach nicht durch den flüssigen Aggregatzustand bedingt ist, so suchte der Verf. jene mit der verschiedenen Größe der erregenden Wellenlänge in Zusammenhang zu bringen. Durch verschiedene Filter, die vor dem Quarzpolarisator in den Strahlengang eingeschaltet

[2]) Verh. der Deutsch. Phys. Ges. **11**, 339, 609, 715 (1909).

wurden, konnten 8 verschiedene Spektralbezirke ausgesondert und zur Bestrahlung einer flüssigen *K-Na*-Oberfläche benutzt werden. Aus den Versuchen ergab sich, daß die Alkalimetalle im Gebiet der kurzwelligen ultravioletten Strahlen sich im polarisierten Licht gleich den übrigen Metallen verhalten, und die Vorzugsstellung des in der Einfallsebene schwingenden elektrischen Vektors nur auf die sichtbaren und die diesen benachbarten Wellenlängen beschränkt ist.

Eine allgemeine Untersuchung der lichtelektrischen Empfindlichkeit als Funktion der Wellenlänge hatte bisher zu zwei voneinander abweichenden Ergebnissen geführt. Während Elster und Geitel, später auch J. Braun, für die Alkalimetalle im sichtbaren Spektralgebiet ein ausgeprägtes Maximum der lichtelektrischen Empfindlichkeit feststellten, hatten E. Ladenburg, H. Mohlin u. a. für die im Ultraviolett erregbaren Metalle eine gesteigerte Zunahme der Empfindlichkeit mit abnehmender Wellenlänge beobachtet. W. Hallwachs fand dagegen auch bei Kalium, daß dessen lichtelektrische Empfindlichkeit mit abnehmender Wellenlänge dauernd in die Höhe geht, sobald man sie bis ins Ultraviolett hinein verfolgt[3]). Nach seiner Meinung ist auch bei den Alkalien das eigentliche Gebiet der lichtelektrischen Erscheinungen im Ultraviolett zu suchen, so daß es sich im sichtbaren Gebiet nur um ein sekundäres Maximum handelt.

Eine Erklärung für diese verschiedenen Forschungsergebnisse fanden nun Pohl und Pringsheim, indem sie zeigten, daß jene durchaus miteinander verträglich sind, wenn man die Orientierung der Lichtvektoren und den Einfallswinkel mit berücksichtigt[4]). Die Verff. bestimmten die lichtelektrische Empfindlichkeit einer *K-Na*-Legierung für die senkrecht und parallel zur Einfallsebene polarisierten Strahlen im Bezirk von 546—254 $\mu\mu$. Da zeigte sich, daß die lichtelektrische Empfindlichkeit für den senkrecht zur Einfallsebene schwingenden elektrischen Vektor dauernd mit abnehmender Wellenlänge wächst, während sie für den parallel zur Einfallsebene schwingenden Vektor im violetten Teil ein ausgeprägtes Maximum hat, das sich im natürlichen Licht auch ausprägen muß. Der Unterschied im Verhalten beider Vektoren ist aber nur vorhanden bei schräger, nicht bei senkrechter Inzidenz des erregenden Lichts, wo keiner der beiden eine zur Oberfläche senkrechte Komponente hat. Daher zeigt im letzteren Falle die lichtelektrische Empfindlichkeit auch bei natürlichem Licht eine andauernde Zunahme mit abnehmender Wellenlänge. Das bei schräger Inzidenz eintretende Maximum scheint auf ein Resonanzphänomen hinzuweisen, das bei einem bestimmten, dem „kritischen" Wellenlängengebiet eintritt. Bei der *K-Na*-Legierung liegt das kritische Gebiet etwa bei $\lambda = 390\ \mu\mu$. *Hg*-Legierungen von *K* und *Na* zeigten kein derartiges Maximum. Dagegen wurde es bei festem *K* und *Na*, auch bei *Rb* gefunden, und zwar lagen die kritischen Gebiete für *Na* bei 320 $\mu\mu$, für *R* bei 440 $\mu\mu$, für *Rb* bei 480 $\mu\mu$.

Bei allen Versuchen mit Alkalimetallen war Elster und Geitel eine Ungleichheit der photoelektrischen Empfindlichkeit aufgefallen[5]). Da die Untersuchung stets in einer Wasserstoffatmosphäre vorgenommen wurde, die Alkalimetalle hier aber leicht Hydride bilden, so lag es nahe, jene Ungleichheit auf Hydridbildung zurückzuführen. Die Verff. stellten daher durch Erhitzung von Alkalimetallen in einer Wasserstoffatmosphäre direkt die Hydride her, fanden aber keine lichtelektrische Empfindlichkeit. Dagegen trat diese sofort ein, wenn die Hydride durch Kathodenstrahlen gefärbt waren. Das Kaliumhydrid färbt sich durch Kathodenstrahlen blauviolett, ähnlich, nur blasser, das Rubidiumhydrid; Cäsiumhydrid wird schwach grünlich, Natriumhydrid bräunlichgelb. Hydride bilden sich auch, wenn das freie Alkalimetall in einer Wasserstoffatmosphäre der Glimmentladung ausgesetzt wird. Dann tritt die Färbung sofort auch ohne Kathodenstrahlung ein. Mit der Färbung erfolgt zugleich eine erhebliche Steigerung der lichtelektrischen Empfindlichkeit; die Intensität des photoelektrischen Stroms steigt auf das 3- bis 4fache. Wird die Glimmentladung in Stickstoff statt in Wasserstoff vorgenommen, so tritt weder Färbung noch Vermehrung der Empfindlichkeit ein. Die Färbungen der Substanzen sind sehr unbeständig.

Auf Veranlassung Lenards hat A. Klages Versuche über den lichtelektrischen Effekt an frischen Quecksilber- und an Zinn- und Zink-Amalgamoberflächen angestellt[6]). Es zeigte sich, daß die Wirkung der drei verschiedenen Substanzen sowohl

[3]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **11**, 514 (1909).

[4]) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **12**, 215, 349 (1910).

[5]) Phys. Zeitschr. **11**, 257 (1910).

[6]) Ann. d. Physik **31**, 343 (1910).

in bezug auf die Menge der ausgestrahlten „Quanten“ als auch in bezug auf die maximale Anfangsgeschwindigkeit gleich ist. Ferner wurde der von Lenard in der Mengen- und Geschwindigkeitsverteilungskurve gefundene und auf Oberflächenkraft hinweisende Knickpunkt, der von einigen Forschern angezweifelt war, mit größter Deutlichkeit wieder beobachtet.

Untersuchungen von J. Robinson über die Ausbreitung der lichtelektrischen Kathodenstrahlen betrafen zunächst den Winkel, unter dem die Elektronen die bestrahlte Elektrode verlassen[7]). Ein besonders konstruiertes Rohr diente dazu, die relative Zahl der Elektronen, welche ein Element der Elektrode in verschiedenen Richtungen verlassen, zu messen. Dieses geschah mit einem Faradaykäfig, der in einer Ebene parallel zur Elektrode beweglich war. In jeder Stellung wurde die erhaltene Ladung per Lichteinheit gemessen. Die meisten Elektronen verlassen die Elektrode innerhalb eines Kegels, dessen Öffnung für Zink etwa 31°, für Silber 28° war. Die Rieckesche Theorie, nach der die Intensität der Strahlen nach jeder Richtung innerhalb dieses Kegels dieselbe ist, fand der Verf. nicht bestätigt. Die Emission ist eine Funktion des Ausgangswinkels an der Elektrode und nimmt mit wachsendem Winkel ab. Messungen über die Absorption der Strahlen von verschiedener Geschwindigkeit wurden auf Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff ausgedehnt. Die Lenardsche Theorie, nach welcher der Grenzwert der Absorption für kleine Geschwindigkeiten gleich dem Gesamtquerschnitt der Moleküle in 1 ccm Gas bei 1 mm *Hg* Druck sein soll, wurde, mit Ausnahme von Wasserstoff, bestätigt gefunden. Aus diesen Werten der Absorption wurde schließlich noch der Durchmesser der Gasmoleküle berechnet.

Zur lichtelektrischen Wirkung im weiteren Sinne gehört nach Lenards Auffassung auch die Phosphoreszenz. Er stellt sich die Erregung der Phosphoreszenzbanden durch bestimmte Lichtwellen so vor, daß dabei die Metallatome in den Phosphoren von einer lichtelektrischen Wirkung ergriffen werden und Elektronen ausgeben. Bei der späteren Rückkehr dieser Elektronen zu den Metallatomen erfolgt das Leuchten, also die Emission der betreffenden Phosphoreszenzbande (ds. Zeitschr. *XXII*, *252*). Bei der Fortsetzung seiner Untersuchung der Erdalkaliphosphore glaubte Lenard drei nach gesonderten Gesetzen verlaufende Teile in der Lichtemission jeder einzelnen Phosphoreszenzbande unterscheiden zu müssen[8]). Die Erregungsverteilung besteht zunächst aus einem langsam und einem schnell an- und abklingenden Teil, einer Momentenverteilung (m) und einer Dauerverteilung (d), die sich übereinander lagern. Ein dritter Summand nimmt nur bei sehr kurzen erregenden Wellen beträchtliche Werte an und wird der Ultravioletprozeß (u) genannt. Die d-Erregung zeigt ausgeprägte schmale Maxima; die m-Erregung hat diese nicht und erstreckt sich über einen großen Teil des Ultravioletts; die u-Erregung hatte ihr Maximum bei der kleinsten benutzten Wellenlänge (200 $\mu\mu$) und fiel nach 300 bis 400 $\mu\mu$ allmählich zu Null ab. Die Intensitäten der einzelnen d-Maxima sowie die von m und u sind unabhängig voneinander variabel. Zu jeder Bande gibt es mehrere Sorten von „Zentren“, die zwar übereinstimmen in der Schwingungsdauer ihrer Emission, sich aber unterscheiden durch Verschiedenheit derjenigen ihrer Eigenschwingungsdauern, durch welche sie erregt werden. Die Lage der einzelnen Banden verschiebt sich oft etwas (bis zu 20 $\mu\mu$), was Lenard durch Schwankungen der Dielektrizitätskonstante D, von der die spektrale Lage der Bande abhängt, erklärt. So erleiden auch die Banden und die Erregungsverteilungen beim Übergange von CaS zu SrS, BaS und ZnS regelmäßige spektrale Verschiebungen, derart, daß bei wachsendem D des Sulfids eine Verschiebung nach Rot hin eintritt. Die Größe $\lambda_0 = \lambda/\sqrt{D}$ gibt die Wellenlänge für $D = 1$. Die λ_0-Werte der d-Erregungsmaxima analoger Banden zeigen Übereinstimmung, woraus hervorgeht, daß die Eigenschwingungen der Erregung sich nach der Dielektrizitätskonstante richten. Dagegen stimmen die λ_0-Werte der analogen Banden selbst nicht überein, woraus folgt, daß die Eigenschwingungsdauern der Emission mehr durch die allernächste Umgebung der Metallatome beeinflußt werden, als daß die mittlere Dielektrizitätskonstante des ganzen Phosphors maßgebend sein könnte. Lenard nimmt daher gesonderte lichtelektrische Elektronen und Emissionselektronen im Metallatom an.

Bei Temperaturänderung nimmt jede Bande drei Zustände an: einen Kälte-, Dauer- und Hitzezustand. Bei Hitze und Kälte verschwinden die d-Maxima völlig, und die m-Verteilung bleibt allein übrig, scheint bei Kälte sogar an Intensität zu wachsen. Die

[7]) Ann. d. Physik **31**, 769 (1910).

[8]) Ann. d. Physik **31** 641 (1910).

d-Zentren speichern bei Kälte unsichtbare Erregung auf und rufen bei Erwärmung helles Aufleuchten hervor; die m-Zentren sind einer Aufspeicherung von Energie nicht fähig. In der Hitze geben die d- (und u-) Zentren kein Zeichen ihrer Existenz mehr, so daß man auf eine Zersetzung schließen muß. Erwärmung bewirkt eine Verbreiterung, Abkühlung eine Verschmälerung der d-Maxima; außerdem rücken sie bei Erwärmung nach dem Rot hin, was einer Vergrößerung der Dielektrizitätskonstante entsprechen würde.

Die weiteren Betrachtungen gelten den „lichtelektrischen Elektronen“ und den „Emissionselektronen“. Die d-Maxima geben die Schwingungsdauern der lichtelektrischen Elektronen an und stellen ein Beispiel selektiver lichtelektrischer Wirkung dar. (Daß diese bei früheren Untersuchungen nach dem Ultraviolett ansteigend gefunden wurde, ist nach des Verf. Meinung auf Störungen der Nachbaratome zurückzuführen.) Die Emissionselektronen sind von den lichtelektrischen Elektronen verschieden, brauchen aber nicht einfache negative Elektronen zu sein. Die Rückkehr des lichtelektrischen Elektrons gibt Anlaß zu Resonanzschwingungen des Emissionselektrons. Da diese Resonanz bei abnehmender Schwingung des lichtelektrischen Elektrons eintritt, so erklärt sich daraus auch die Stokessche Regel. Die aus dem Metallatom des Phosphors entwichenen lichtelektrischen Elektronen werden im benachbarten S-Atom desselben Zentrums aufgespeichert. In der Kälte bleibt dieser Zustand bestehen. In der Wärme aber werden — wohl durch Vermittelung der Wärmebewegung der Atome — die aufgespeicherten Elektronen vom S-Atom wieder abgegeben und kehren zum Metallatom zurück, wo das Leuchten erfolgt. Bei dem m-Prozeß dagegen werden die lichtelektrischen Elektronen nicht von einem S-Atom aufgenommen und kehren so zurück. Bei dem u-Prozeß werden die Zentren durch von dem ultravioletten Licht erzeugte sekundäre Kathodenstrahlen erregt. Die hohe Aufspeicherungsfähigkeit aller Banden bei sehr tiefen Temperaturen entspricht der Ungestörtheit des S-Atoms mangels Wärmebewegung. Hiermit im Zusammenhang steht das geringe Leitvermögen der Metalle bei tiefen Temperaturen, wo die Elektronen der Metalleitung eine ähnliche Rolle spielen wie die lichtelektrischen Elektronen der Phosphore. In bezug auf die weiteren interessanten Ausführungen des Verf. muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. *Schk.*

Ein neuer Fortschritt in der Ultramikroskopie. Von H. SIEDENTOPF[1]). Das von dem Verf. benutzte neue Ultramikroskop zeichnet sich vor dem früheren durch einfachere Zusammensetzung und besonders intensive Beleuchtung aus. Statt der früheren Orthogonalbeleuchtung wurde Dunkelfeldbeleuchtung gewählt, wozu zwei besondere Kondensoren, der Paraboloidkondensor und der Kardioidkondensor, dienten. Mit dem letzteren läßt sich eine vollständig aplanatische Strahlenvereinigung bewirken. Diese beruht auf einer bisher unbekannten Eigenschaft der Kardioide. Diese Kurve habe ihre Spitze in C (Fig. 1); ihre Achse sei ZZ. Aus der Polar-

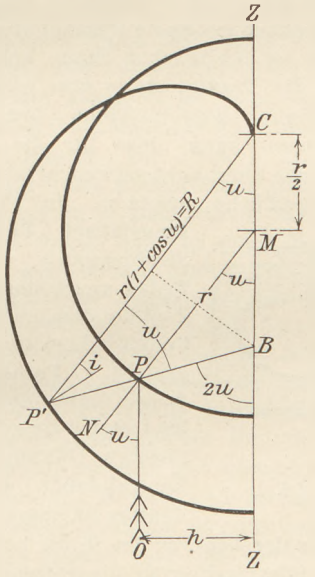


Fig. 1.

gleichung der Kardioide läßt sich dann ableiten, daß ein von der Spitze C ausgehender Radiusvektor $CP' = R$, der mit der Achse den Winkel u einschließt, mit der Normale in P' einen Winkel $i = u/2$ bilden muß. Ist CP' ein Lichtstrahl, der in P' reflektiert wird und die Achse in B trifft, so wird Dreieck $CP'B$ gleichschenklig, mithin $2\,BC \cdot \cos u = R$. Zeichnet man jetzt um den auf der Achse liegenden Punkt M einen Kreis, dessen Radius r gleich dem Durchmesser des die Kardioide erzeugenden Rollkreises, also gleich $R/(1 + \cos u)$ ist, während M von C um $r/2$ entfernt liegt, so wird $BC = BM + r/2 = R/2 \cos u$, woraus sich nach Einsetzen von R ergibt: $2\,BM \cos u = r$. Daraus folgt $BC : BM = R : r = CP' : MP$, d. h. $MP \parallel CP'$ und $\angle MPB = \angle CP'B = u$. Wird der Strahl $P'P$

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **12**, 6 (1910).

an dem Kreise nach O hin reflektiert, so erkennt man, daß der Reflexionswinkel NPO dann auch gleich u ist, d. h. $PO \parallel ZZ$. Denkt man sich nun den Gang des Strahls in der umgekehrten Richtung, so ist klar, daß der parallel der Achse einfallende Strahl OP, wenn er zuerst von dem Kreise in P, dann von der Kardioide in P' reflektiert wird, durch die Spitze C hindurchgehen muß. Da der Winkel u ganz beliebig angenommen wurde, so werden alle achsenparallel einfallenden Strahlen nach zweimaliger Reflexion am Kreise und an der Kardioide in der Spitze der letzteren aberrationsfrei vereinigt. Hierbei ist für alle Zonen h die Brennweite $f = h/\sin u = r$ konstant. Die Strahlenvereinigung ist also für endlich geöffnete Büschel aberrationsfrei, d. h. im Abbeschen Sinne aplanatisch.

Für die Praxis ist es nun nicht nötig, eine genaue Kardioidfläche herzustellen, sondern man kann diese für die schmale Zone, welche überhaupt gebraucht wird, durch eine Kugelfläche ersetzen. In Fig. 2 ist schematisch Form und Strahlengang des von Zeiss ausgeführten Kardioidkondensors für Dunkelfeldbeleuchtung dargestellt. Parallel zur Achse verlaufende Strahlen treten durch eine ringförmige Öffnung in der Zentralblende des Kondensors im passenden Abstande von der Achse in den durch horizontale Schraffierung markierten Glaskörper, werden an der konvexen Seite der ersten Kugelfläche zerstreut, an der konkaven Seite der zweiten Kugelfläche wieder gesammelt und an dem zu beobachtenden Objekt vereinigt. Obwohl der Konkavspiegel streng genommen keine Kardioidfläche ist, hat man den Namen Kardioidkondensor als Schutzmarke beibehalten. Die Lichtstärke des mit diesem Kondensor ausgestatteten Kardioid-Ultramikroskops ist etwa 20 mal größer als die des früheren Spalt-Ultramikroskops.

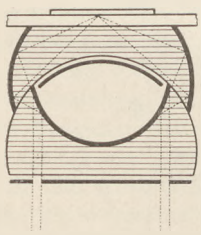


Fig. 2.

Zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeiten wurde aus einer Quarzplatte eine besondere Kammer hergestellt, die mit einem dickeren Deckglase ($^3/_4$ mm) aus geschmolzenem Quarz bedeckt wurde. Um dieses benutzen zu können, mußten besondere Objektive konstruiert werden. Objektträger und Deckgläser waren in ganz besonderer Weise zu reinigen, damit auch die geringsten Staubteilchen entfernt wurden.

Der Verf. beschreibt eine Reihe von Beobachtungen, die mit dem neuen Apparat gemacht wurden.

Eine Untersuchung der Brownschen Molekularbewegung bei Ag- und Au-Lösungen ergab bei kleinen Teilchen und verdünnten Lösungen das Überwiegen des translatorischen Charakters, bei gröberen und konzentrierten Lösungen das Überwiegen der oszillatorischen Bewegung. Letztere zeigen zwischen enger zusammenliegenden Teilchen zahlreiche dunkle Räume. Bei Untersuchung der Form und Farbe der ultramikroskopischen Metallteilchen wurde durch eine besondere Messungsmethode die optisch-isotrope Natur der rot und der blau färbenden Au-Teilchen dargetan und ferner eine neue einfache Methode angegeben, bei Gold- und Silberteilchen geordneten Dichroismus durch Druck künstlich hervorzurufen. Der Dichroismus in Silber- und Goldgelatinehäuten konnte mit dem Dichroismus von gedrücktem farbigen Steinsalz und mit dem Verhalten gedrückter Ag- und Au-Teilchen sowohl im durchfallenden wie im abgebeugten Licht in nahen Zusammenhang gebracht werden. Weitere Beobachtungen betrafen mikrochemische Reaktionen und Lichtreaktionen. Bei jenen konnten zwei Stadien der Umwandlung einer roten zu einer blauen kolloidalen Goldlösung unterschieden werden. Die Helligkeit im Fokus des Kondensors war so bedeutend, daß bei fast allen anorganischen und organischen Präparaten durch diese Beleuchtung eine photochemische Änderung zu bemerken war. Die Lichtreaktionen verlaufen bald als Reduktion, bald als Oxydation und legen die Vermutung einer punktweisen Zersetzung des Wassers durch das Licht nahe. Als Oxydation wurde das Ausbleichen der kolloiden Au-, Ag- und Pt-Teilchen gedeutet, als Reduktion die Ausflockung einer kristalloiden Lösung von Kaliumbichromat. Das plötzliche Ausbleichen von grün abbeugendem Eosin und die Ausflockung weißlicher Teilchen von Berlinerblau ließ Zersetzung dieser Substanzen durch das Licht vermuten. Benzopurpurin zeigte Zerstäubung durch das Licht und ferner Bildungen, die den flüssigen Kristallen ähnlich sind. Der Apparat gewährt auch die Möglichkeit, die photochemische Zersetzung von Halogensilber bei hoher Vergrößerung zu verfolgen: es werden zuerst vereinzelt rote und gelbe, dann viele grüne, zuletzt blauviolette Silberteilchen gebildet.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Das Jubiläum der Entdeckung der Jupitertrabanten. In der Nacht zum 7. Januar 1610 erblickte Galilei zum ersten mal drei der Monde des Jupiter, wenige Tage darauf den vierten. Genaueres über die interessanten näheren Umstände dieser Entdeckung findet man in E. Wohlwills kürzlich erschienenem bedeutenden Buche „Galilei und sein Kampf für die kopernikanische Lehre". Zuweilen wird neben Galilei auch dem Simon Mayr (Marius) zu Ansbach das Verdienst der Entdeckung zugeschrieben. Über diese Prioritätsfrage liegt bereits seit 1904 eine gründliche und entscheidende Untersuchung in der Schrift von J. KLUG in Nürnberg „Simon Marius von Gunzenhausen und Galileo Galilei" (in den *Abh. der Kgl. bayr. Ak. d. Wiss. XXII, 2. Abt. S. 385—526*) vor, aus der der Verfasser neuerdings in den *Mitteilungen z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw., IX. Bd., Nr. 3, 1910* einige Auszüge gibt, um einer anderwärts (Fr. Bischof, ein astronomisches Jubiläum. Natur und Kultur, 7. Jahrg., 9. Heft, S. 275 — 278) versuchten Rettung der Ansprüche des Simon Marius entgegenzutreten. Wir entnehmen daraus die nachstehenden Darlegungen:

„Galilei hatte über seine Entdeckung und die Beobachtungen, die er vom 7. Januar bis zum 2. März 1610 an den Trabanten machte, im März 1610 ein Büchlein, Sidereus Nuntius, erscheinen lassen, das seinen Weg rasch durch alle Kulturstaaten Europas machte und schon anfangs April 1610 mehrfach bekannt war. Die neue Entdeckung erregte begreiflicherweise überall ungeheures Aufsehen. Kepler, mit dem Marius von Prag her bekannt war, veröffentlichte über die neue Entdeckung Galileis, da die Tatsächlichkeit der neuen Weltkörper von den meisten Gelehrten angezweifelt und angefeindet worden war, seine Dissertatio (Mai 1610), bewies hierin mit allerlei Gründen die Möglichkeit der Existenz der Trabanten und suchte, trotzdem weder er noch Kaiser Rudolf ein Fernrohr erlangen konnte, mit dem man die Monde sah, Galileis Entdeckung zu verteidigen.

Im August 1610 überließ ihm der Kurfürst Ernst von Köln ein von Galilei übersandtes Fernrohr, mit welchem Kepler endlich die Trabanten beobachten konnte, und noch im September 1610 verfaßte Kepler eine zweite Schrift „Narratio", worin er seine Beobachtungen kundgab. 1610 und 1611 beschäftigte sich alle Welt mit Galileis Entdeckungen und man suchte von Galilei geeignete Fernrohre zu erhalten. Marius verkehrte damals indirekt brieflich mit Kepler und trotzdem erfuhr weder Kepler noch sonst jemand (bis ca. 1612), daß Marius die Trabanten auch schon entdeckt habe. Schon daraus muß man den Schluß ziehen, daß Marius die Trabanten nicht entdeckt hat; denn sonst hätte Marius seinen Freunden seine Entdeckung früher mitteilen müssen, um so mehr, als Marius den Sidereus Nuntius des Galilei schon im Juni 1610 in Händen hatte und wohl wußte, daß die Entdeckung widerspruchslos dem Galilei zugesprochen wurde.

Inzwischen (Ende 1610) hatte Galilei die Venusphasen usw. entdeckt und am 11. Dezember 1610 die Tatsache in Form eines Anagramms dem Giul. Medici in Prag und so dem Kepler mitgeteilt. Die Lösung des Rätsels sandte Galilei am 30. Dezember 1610 an den Jesuiten Clavius in Rom, am 1. Januar 1611 an Kepler; dieser teilte es einer Reihe von Freunden mit; ebenso erhielt der bekannte Marius Welser in Augsburg noch im Jahre 1610 Nachricht von der neuen Entdeckung. Mittlerweile waren auch von den Jesuiten in Rom die Entdeckungen Galileis am Jupiter, Saturn und an der Venus verifiziert worden.

So waren also anfangs 1611 die neuen Beobachtungen vielfach und auch in Deutschland verbreitet. Kepler und Marius hatten als gemeinsame Freunde den Professor J. C. Odontius in Altdorf und den Bergrat Vicke in Wolfenbüttel, und gerade aus 1611 existiert noch ein Teil des gegenseitigen Briefverkehrs. Marius konnte auf diesem Wege die neuen Nachrichten indirekt von Kepler empfangen haben, vielleicht auch auf anderem Wege; wir wissen es nicht. Wir wissen nur von Briefen, die Marius im Mai oder Juni 1611 an Vicke, einen astronomischen Laien, an J. C. Odontius und an den bekannten David Fabricius geschrieben hat, in welchen er seine eigenen Beobachtungen angezeigt haben will. An Vicke berichtet er, die Venus von Ende 1610 bis April 1611 sichelförmig gesehen zu haben. Vicke gibt die Nachricht weiter an Kepler. Die nächste Folge dieser Mitteilung war, daß Kepler in seiner, Ende 1611 erschienenen „Dioptrice" dem Marius Eifersucht und Verkleinerungswut und bezüglich seiner angeblichen, nur dem Laien Vicke gegenüber behaupteten Entdeckung der Venusphasen ein Plagiat an Galilei vorwirft. Diesen Vorwurf hat Kepler niemals zurückgenommen, auch

nicht in jenem Briefe, den er Ende 1612 auf Veranlassung einer hohen Mittelsperson mit freundlicher Ironie an Marius geschrieben hat. Daß Kepler die Wahrheit getroffen, bestätigt Marius indirekt dadurch, daß er später nie mehr, auch nicht in seinem Mundus Jovialis, wo er doch überall seine Himmelsbeobachtungen referiert, auf seine „Entdeckung" der Venusphasen zurückkommt. Seine Meinung über Marius spricht Kepler später nochmals aus (1619, Epitome astronomiae): „Marius — vates invisus et audax et plus quam prognostes".

Es möge noch an einigen weiteren Beispielen die Glaubwürdigkeit des Marius gekennzeichnet werden:

In den Briefen an Vicke und Odontius (Mai oder Juni 1611) lesen wir wohl von der angeblichen Entdeckung der Venusphasen, aber noch nichts von der Entdeckung der Jupitertrabanten. Einige Monate später (zweite Hälfte des Jahres 1611) im Prognosticum auf 1612 erscheint zum erstenmal die Behauptung, „daß er die Jupitermonde vom Ende Dezember 1609 an vielmals gesehen und dies seinen Freunden David Fabricius und Odontius mitgeteilt und Galilei unterdessen einen Traktat darüber veröffentlicht habe". Man muß nach diesen Worten glauben, Galilei habe seinen Nuntius Sidereus veröffentlicht während oder nachdem Marius jene Mitteilungen seinen Freunden sandte. Nun ist aber Tatsache, daß der Nuntius Sidereus im März 1610 erschienen ist; es ist ferner Tatsache, daß Marius jene Briefe im Mai oder Juni 1611 geschrieben hat; es ist ferner Tatsache, daß er dem Odontius von einer Trabantenbeobachtung Ende 1610, aber nicht von einer Entdeckung derselben, ebenfalls erst 1611 berichtet hat. Man könnte noch glauben, daß er vielleicht dem David Fabricius seine Entdeckung rechtzeitig mitgeteilt habe; aber auch da werden wir getäuscht; denn Mitte Juni 1611 erscheint das berühmte Büchlein über die Sonnenflecken von Joh. Fabricius, der mit seinem Vater David Fabricius gemeinsam die Sonnenflecke entdeckt hatte, und der sein Büchlein wohl nicht ohne Begutachtung seines Vaters, eines Astronomen von Ruf, verfaßt und herausgegeben haben wird. Nirgends in dem Büchlein ist von Marius die Rede, dagegen wird von dem „so scharfsinnigen „Galilei" gesprochen, „der uns die vier Trabanten gezeigt und jüngst erst die Dreigestalt des Saturn entdeckt habe."

Somit hat Marius in seinem Prognosticum auf 1612, wo er zum erstenmal von seiner Trabantenentdeckung spricht und zugleich gewissermaßen Zeugen dafür beizubringen sucht, den Leser in doppelter Weise getäuscht. 1. Hat er seinen drei Freunden nichts von der Entdeckung, wie er dort behauptet, sondern nur von einer Beobachtung der Trabanten (die ein Jahr nach Galileis Entdeckung stattfand) Mitteilung gemacht, 2. hat er durch das Wörtchen „unterdessen" diese angeblichen Entdeckungsmitteilungen, die doch aus dem Jahre 1611 stammen, um mehr als ein Jahr vorgeschoben und den Anschein erweckt, als habe er diese Mitteilungen seinen Freunden bereits im März 1610 gemacht.

In ähnlicher Weise unwahr oder zweideutig sind seine Erzählungen in seiner Hauptschrift, dem „Mundus Jovialis" (1614). Hier gibt er das Entdeckungsdatum an, den 29. Dezember 1609; dies würde mit seinen Worten übereinstimmen, daß er nämlich die Trabanten vielleicht etwas vor Galilei gefunden habe. Daß jenes Datum nach dem alten Stil (= 8. Januar 1610) zu nehmen sei, konnte nur jemand herausfinden, der das Werkchen genau und mit Kritik studierte. Daher kam es auch, daß bis auf die neueste Zeit fast alle Gelehrten, welche sich mit der Sache beschäftigten, selbst ein Humboldt und der Biograph des Marius, Dr. Jul. Meyer, sich von jener Datierung täuschen ließen und deshalb Galilei den falschen Vorwurf machten, daß er zu unrecht den Marius wegen seiner irreführenden Datierung getadelt habe. (Nebenbei möge bemerkt werden, daß Marius die mangelhafte zweite Beobachtung Galileis (8. Januar 1610) samt dem Fehler einfach adoptiert und als seine (des Marius) erste Entdeckungskonstellation ausgibt; ferner hat Galilei am 9. Januar keine Beobachtung machen können und Marius sagt von sich dasselbe).

Im „Mundus Jovialis" (1614) meldet Marius ferner, er habe bis März 1611 die Umlaufszeit des vierten Trabanten zu $16^d\,18^h$ bestimmt (also bis auf die Minuten genau!), — in der Tat aber hatte er in einem Briefe an Odontius, der aus jener Zeit (Mai oder Juni 1611) stammt, mitgeteilt, daß er diese Umlaufszeit auf 16^d schätze, die Stunden kenne er noch nicht. — Weiterhin sagt er im Mundus Jovialis, Ende 1610 habe er die Periode des dritten Trabanten zu $7^d\,3^h\,53''$ erhalten (richtig wäre ca. $7^d\,3^h\,59''$); an Odontius aber hatte er 1611 tatsächlich berichtet, daß die Periode des dritten Trabanten 10—11 (!) Tage betrage. — Man erkennt daraus deutlich, wie unwahr die Berichterstattung des

„Mundus Jovialis“ des Marius ist. Diese Unglaubwürdigkeit läßt sich noch an einer Reihe von Beispielen nachweisen. Ohne auf weiteres einzugehen, kann man behaupten, daß Galilei dem Marius nicht „Fälschung und Plagiat angedichtet“ hat, sondern daß diese tatsächlich existieren.

Daß ferner Marius an der Entdeckung der Jupitermonde irgendwie beteiligt ist, läßt sich durch keine einzige Tatsache nachweisen; vielmehr steht fest, daß die einschlägigen, ganz verspäteten Behauptungen des Marius unwahr sind und keinen Glauben verdienen. Marius kann also durchaus nicht als Mitentdecker der Trabanten mehr gelten; man kann ihm nur das Eine mit Vorbehalt zugestehen, daß er später erst, 1613 und 1614, selbständige Trabantenbeobachtungen gemacht und in seinen Tafeln verwendet hat; in der Hauptsache aber ist er von den entsprechenden Veröffentlichungen Galileis abhängig, die er ausgiebig benützt und verwertet.“ *P.*

Friedrich Kohlrausch †. Einem Nachruf, den K. SCHEEL in der Naturwissenschaftlichen Rundschau 1910, Nr. 12 dem Verstorbenen widmet, entnehmen wir folgende Mitteilungen.

Friedrich Kohlrausch wurde am 14. Oktober 1840 als Sohn des Physikers Adolf Kohlrausch zu Rinteln geboren, wo sein Vater damals als Gymnasiallehrer wirkte. Der Vater wurde ihm schon früh, im Jahre 1858, entrissen, ihm hat F. Kohlrausch stets ein treues kindliches Andenken bewahrt (vgl. d. Zeitschr. **22**, 384). Er studierte in Göttingen und Erlangen und promovierte 1863 in Göttingen mit einer Dissertation über die elastische Nachwirkung bei Torsion. Er war in Göttingen einige Zeit als Assistent an der Sternwarte tätig und siedelte dann als Nachfolger Abbes als Dozent des Physikalischen Vereins nach Frankfurt a. M. über; 1866 kehrte er als außerordentlicher Professor nach Göttingen zurück und wurde Assistent von Wilhelm Weber, was von großer Bedeutung für seine Ausbildung in der Kunst exakter physikalischer Messung geworden ist. Im Herbst 1870 siedelt er als ord. Professor an das Polytechnikum in Zürich über, ein Jahr darauf nach Darmstadt, 1875 als Nachfolger Kundts nach Würzburg und 1887 ebenfalls als dessen Nachfolger nach Straßburg.

Im Jahre 1895 wurde er nach v. Helmholtz' Tode zum Leiter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt berufen und mußte damit von der ihm liebgewordenen Lehr- und Unterrichtstätigkeit scheiden. Zehn Jahre darauf zog er sich von dieser Stellung zurück, um nur noch der wissenschaftlichen Beschäftigung zu leben. Er wohnte seitdem in Marburg, wo er in enger Verbindung mit der Universität stand und bis in seine letzten Lebenstage an einer größeren Veröffentlichung arbeitete, in der er die Resultate der Arbeiten der lezten Jahre zusammenzufassen dachte.

Als das Lebenswerk Kohlrauschs kann man den Ausbau der messenden Physik bezeichnen. An der Schaffung der elektrischen und magnetischen Einheiten auf der Grundlage des Gauß-Weberschen absoluten Maßsystems hat er hervorragenden Anteil genommen. „Hierhin gehört die mühevolle Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus, die ihn in Göttingen beschäftigte, ferner seine Arbeit über absolute Widerstandsmessung, die Bestimmung des Widerstandes der Quecksilbereinheit in absolutem Maße und die umfangreichen experimentellen Untersuchungen über das elektrochemische Äquivalent des Silbers, die Kohlrausch zu verschiedenen Zeiten seines Lebens nach verschiedenen Gesichtspunkten ausführte. Die letztgenannten Arbeiten stehen im engen Zusammenhange mit dem Studium des Leitvermögens der Elektrolyte, das Kohlrausch gleichfalls fast sein ganzes Leben hindurch beschäftigte. Die Entdeckung des Gesetzes von der unabhängigen Beweglichkeit der Ionen war die hauptsächliche Frucht dieser Arbeiten und hat für die weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete den Weg gewiesen. Man muß sich vergegenwärtigen, mit welchen Schwierigkeiten Kohlrausch fast durchweg zu kämpfen hatte, um seine Bedeutung voll würdigen zu können. Nicht nur die Methoden der Untersuchungen mußten erst geschaffen werden; auch die Konstruktion der nötigen Apparate bereitete ungeheure Schwierigkeiten. Methoden und Apparate so zu vereinfachen, daß sie auch in der Hand der weniger Geübten brauchbare Resultate liefern konnten, war Kohlrauschs höchstes Ziel; man denke an die Widerstandsbestimmung von Elektrolyten mit Walzenbrücke und Telephon, die heute eine Übungsaufgabe für das physikalische Anfängerpraktikum bildet. So hat jedes Gebiet der messenden Physik von dem befruchtenden Einfluß der Kohlrauschschen Tätigkeit Nutzen gezogen; man durchblättere nur das Lehrbuch der praktischen Physik, überall wird man selbstgefundene Methoden und selbstkonstruierte Apparate finden.

Außer durch die eigenen wissenschaftlichen Arbeiten hat Kohlrausch eine hervor-

ragende Bedeutung durch seine Lehrtätigkeit gewonnen. Man darf ohne Übertreibung sagen, daß die ganze heutige praktische Ausbildung der Physiker durch die Kohlrauschschen Ideen geregelt wird. Das physikalische Praktikum in seiner heutigen Gestalt ist ein Werk von Kohlrausch; viele Physiker des In- und Auslandes, die an Universitäten und technischen Hochschulen wirken, sind direkte Schüler von Kohlrausch und haben die von ihm erhaltene Erziehung zu physikalischen Arbeiten an ihre eigenen Schüler weitergegeben." Die peinliche Sorgfalt bei seinen Arbeiten, die manchmal sogar von einer gewissen Pedanterie nicht frei war, ist von Kohlrausch auf jüngere Generationen vererbt worden und beherrscht heute das Gebiet der praktischen Physik.

„Den hauptsächlichsten Einfluß nach dieser Richtung hat Kohlrausch aber durch seinen „Leitfaden der praktischen Physik" gewonnen. Ursprünglich nur aus einigen zusammengehefteten Bogen bestehend, gedruckt zu dem Zweck, das Lehren und Lernen bei den Aufgaben zu erleichtern, die Kohlrausch in dem Maße, wie die seinerzeit in Göttingen vorhandenen Mittel es gestatteten, nach und nach in das Übungslaboratorium einführte, hat der Leitfaden durch eine ganze Reihe von Auflagen sich immer mehr und mehr zu einem Berater bei experimentellen physikalischen Arbeiten ausgewachsen. Um das Buch einer solchen Aufgabe mehr und mehr gerecht werden zu lassen, zweigte Kohlrausch im Jahre 1900 von seinem Buche für die Zwecke des Anfängerpraktikums den „Kleinen Leitfaden der praktischen Physik" ab, der inzwischen ebenfalls schon in zweiter Auflage erschienen ist. Das Hauptwerk erschien kurz darauf in neunter Auflage als „Lehrbuch der praktischen Physik"; „zur bequemen Unterscheidung von diesem (dem Kleinen Leitfaden) — nicht mit dem Anspruch erschöpfend zu sein — ist der Titel Lehrbuch gewählt worden", so bemerkt Kohlrausch in seiner Bescheidenheit im Vorwort der neunten Auflage.

Mehr noch als bisher wurde im Lehrbuch Wert auf Angabe zuverlässiger Daten physikalischer Konstanten gelegt. Es ist ein hervorragendes Verdienst von Kohlrausch, auch nach dieser Hinsicht die Benutzer seines Buches zur strengen Kritik erzogen zu haben.

Der neunten folgte im Jahre 1905 eine zehnte Auflage, das 23. bis 27. Tausend, und trotz der großen Zahl von Exemplaren mußte sich Kohlrausch, schweren Herzens, schon im Jahre 1908 mit der Veranstaltung einer elften Auflage befreunden. Die Lösung einer ungeheuren Aufgabe harrte seiner; noch einmal mußte, dem Fortschritt der Wissenschaft entsprechend, eine vielfach völlige Umgestaltung des behandelten Stoffes vorgenommen, vieles gekürzt, aber auch manche neue Zweige der Wissenschaft, so die mächtig sich entwickelnde Radioaktivität, eingefügt werden. Am 6. November, dem 100. Geburtstage des Vaters, war das große Werk vollendet. War es die Fülle der Arbeit, die über mehr als ein Jahr alle Kraft des Autors absorbierte, war es banges Todesahnen, Kohlrausch nimmt im Vorwort Abschied „von dieser Arbeit, die sich zudem in 40 Jahren, getrieben durch die Entwickelung des Unterrichts und der Forschung, so erweitert und zu einem starken Bruchteil der Lebensarbeit ausgewachsen hat, daß der Verfasser zweifelt, ob er sie mit dieser Aussicht unternommen haben würde". „Und nun" — so schreibt Kohlrausch in einem Briefe — „freue ich mich, wie ein Kind auf Weihnachten, darauf, wieder an etwas wissenschaftlich Produktives zu kommen, werde die Drehbank schmieren, die Logarithmen wieder herausholen, und was so dazu gehört." — Es sollte nicht mehr sein; am Vormittage des 17. Januar schlossen sich seine Augen für immer.

Es hat Kohlrausch nicht an äußeren Ehrungen gefehlt; er war Ehrenmitglied zahlreicher gelehrter Gesellschaften und Vereine des In- und Auslandes. Besondere Freude bereitete ihm die Verleihung des Ordens Pour le mérite im Jahre 1898 und der Bunsenmedaille im Jahre 1908. Zu seinem 70. Geburtstage im Oktober dieses Jahres war für ihn eine Ovation gelant, an welcher die große Mehrzahl aller deutschen Physiker teilgenommen haben würde." Statt dessen ist nun ein Denkmal geplant, das die Vertreter der deutschen Physik ihm errichten werden.

4. Unterricht und Methode.

Eine Zentralanstalt für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In den Schriften des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat F. Poske eine Denkschrift[1]) über diesen

[1]) Über die Notwendigkeit der Errichtung einer Zentralanstalt für den naturwissenschaftlichen

Gegenstand veröffentlicht. Die zu gründende Anstalt soll umfassen: ein naturwissenschaftliches Schulmuseum, eine Prüfungs- und Auskunftsstelle für naturwissenschaftliche Unterrichtsapparate und Lehrmittel überhaupt, endlich experimentelle und methodische Kurse für Lehramtskandidaten und Lehrer der Naturwissenschaften.

Der in der Schrift gemachte Vorschlag knüpft an den Gedanken naturwissenschaftlicher Schulmuseen für die höheren Schulen an, der von Bernhard Schwalbe wiederholt in Wort und Schrift vertreten worden ist; auch K. Noack, F. Pietzker und neuerdings H. Bohn haben sich in gleichem Sinne ausgesprochen. „Der Zweck eines naturwissenschaftlichen Schulmuseums läßt sich kurz folgendermaßen kennzeichnen: Es soll den Lehrern die Gelegenheit bieten, die vorhandenen Lehrmittel, namentlich auch die neu auftretenden, aus eigener Anschauung kennen zu lernen und auf Grund solcher Anschauung die Auswahl des für ihren Unterricht Anzuschaffenden vorzunehmen. Die Entscheidung bloß nach den Katalogen und Beschreibungen zu treffen ist überaus schwierig. Auch die etwaigen Ausstellungen der Lehrmittelfabriken und -handlungen sind für diesen Zweck nicht geeignet, weil die von ihnen gebotene Auswahl naturgemäß eine einseitige ist. Dies gilt nicht nur von Schulapparaten, bei denen das Angebot überaus groß ist; es gilt auch von Wandtafeln und Karten für den naturkundlichen und geographischen Unterricht, bei denen auf dem Wege des Buchhandels nur selten eine genügende Auswahl möglich ist. Selbst abgesehen aber von der Frage der Anschaffung der Lehrmittel wird ein solches Museum, indem es den Lehrern ein anschauliches Bild der Hilfsmittel für die methodische Behandlung des Unterrichtsstoffes darbietet, anregend und befruchtend auf den Unterricht einwirken. Erforderlich ist dazu allerdings, daß den Lehrern die Möglichkeit gewährt wird, die Apparate und sonstigen Lehrmittel gegebenenfalls unter fachmännischem Beirat zu prüfen und mit ihnen zu experimentieren.“

Dementsprechend würde ein naturwissenschaftliches Schulmuseum folgende Einrichtungen zu umfassen haben:

Eine Sammlung physikalischer und chemischer Apparate, die namentlich auch gestattet, verschiedene Apparate derselben Kategorie miteinander zu vergleichen, nicht eine sogenannte Normalsammlung, sondern eine eigens ausgewählte, die Selbsttätigkeit des Lernenden möglichst stark in Anspruch nehmende Sammlung von Arbeitsgeräten und Apparaten. Es müssen ferner ausreichende Experimentierräume für physikalische und chemische Arbeiten vorgesehen sein; für die naturgeschichtlichen Fächer sind Sammlungen von Präparaten und Modellen erforderlich, für alle Fächer eine literarische Abteilung, in der bildliche Anschauungsmittel, Lehr- und Schulbücher sowie die methodische Literatur vereinigt sind. Mit dem Museum zu verbinden wäre eine Zentralstelle für die Beschaffung von Lehrmitteln, soweit, z. B. bei Mineralien, durch Massenlieferung eine billigere und bequemere Art des Bezuges ermöglicht wird. Auch eine Leihanstalt für kostbare oder seltener gebrauchte Lehrmittel und für Lichtbilder könnte angeschlossen werden. Die mit dem Museum verbundene Auskunfts- und Prüfungsstelle soll bei Neueinrichtung von Sammlungen und bei Anschaffung von Apparaten Rat erteilen, insbesondere auch neu auftauchende Unterrichtsmittel alsbald auf ihre Brauchbarkeit, solide Ausführung usw. untersuchen. Es ist ersichtlich, daß eine solche Einrichtung von einschneidender Bedeutung für den physikalischen Unterricht werden muß. „Es werden zahlreiche Apparate in der Literatur bekanntgemacht oder von Firmen angepriesen, über deren Brauchbarkeit sich, ohne daß man mit dem Apparate arbeitet, kein sicheres Urteil abgeben läßt. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der verfügbaren Mittel geht häufig dadurch unbenutzt verloren, daß Apparate angeschafft werden, die sich teils sofort, teils nach einiger Zeit als unbrauchbar erweisen, ohne daß daraus dem Fachlehrer, der sie bestellt hat, ein Vorwurf gemacht werden kann. Sobald eine Zentralstelle vorhanden ist, die die Apparate prüft und vor unbrauchbaren oder minderwertigen warnt, dagegen wirklich brauchbare empfiehlt, wird die Beschaffenheit der Sammlungen verbessert und die Verwendung der beträchtlichen dafür ausgeworfenen Mittel in die richtigen Wege geleitet werden. Überdies aber wird das Vorhandensein der Zentralstelle dazu führen, daß immer weniger minderwertige Fabrikate hergestellt und von den Mechanikern auf den Markt gebracht werden. Der gute Ruf unserer Schulapparate wird wachsen und dadurch der Absatz unserer Industrie auf diesem Gebiete auch nach dem Auslande hin gefördert werden.

Unterricht. (Schriften d. d. Ausschusses f. d. math. u. naturw. Unterr. Heft 5. 22 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. 20 S. M. 0,60.)

Die Wirkung der Zentralstelle, wenn ihre Verwaltung in die richtigen Hände gelegt und die Organisation zweckmäßig durchgeführt wird, dürfte sich wohl auf ihrem Felde mit der Wirkung der technischen Reichsanstalt vergleichen lassen."

Der Zentralstelle würde auch die Prüfung und Eichung von Meßapparaten für den Unterricht zufallen; es müßte auch eine Werkstatt vorhanden sein, die für das Institut Modelle baut, Reparaturen ausführt u. dgl. mehr. Die Auskunftsstelle hätte endlich amtliche Gutachten über die Anlage und Einrichtung naturwissenschaftlicher Unterrichtsräume abzugeben und zeitweilige Revisionen der Unterrichtsräume sowie der Lehrmittel in den höheren Schulen vorzunehmen.

Für die Ausbildung der Lehramtskandidaten der naturwissenschaftlichen Fächer, namentlich in der technischen und didaktischen Behandlung des Experiments, sind in der Anstalt Kurse einzurichten, ähnlich wie sie jetzt in der Alten Urania zu Berlin (dem naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstitut für Lehrer höherer Schulen) bestehen, aber in beträchtlich erweitertem Umfange und mit vergrößertem Wirkungskreis. In der Schrift wird eingehend erörtert, daß weder der Universitätsunterricht noch das pädagogische Seminar dem Kandidaten die erforderliche Ausbildung in der hier in Betracht kommenden Richtung gewähren. An die Kurse wären noch Vorlesungen über Didaktik und experimentelle Technik der naturwissenschaftlichen Fächer anzugliedern. Auch für die Fortbildungskurse für angestellte Oberlehrer könnten dieselben Einrichtungen benutzt werden.

Über die Organisation des Instituts bringt die Schrift noch weitere Vorschläge, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Hervorzuheben aber ist, daß das Institut nicht etwa als Bestandteil eines Reichsschulmuseums, sondern als selbständige Anstalt unter der Leitung eines naturwissenschaftlichen Fachmannes in Aussicht zu nehmen ist. Überhaupt erscheint es angemessener, das Institut nicht als Reichsanstalt, sondern als Schöpfung einzelner deutscher Staaten und dann in der Mehrzahl ins Leben zu rufen. Selbst für Preußen würden außer in Berlin noch zwei weitere Institute im Osten und Westen der Monarchie erforderlich sein. Im Auslande hat man die Wichtigkeit solcher Zentralanstalten längst eingesehen; einige Angaben über die Institute in London, Amsterdam, Tokio, Paris und Sofia sind am Schlusse der Schrift zusammengestellt. *P.*

Logik in der Chemie. Über dieses wichtige Thema macht R. WINDERLICH (Oldenburg i. Gr.) in einem Aufsatz der *Monatshefte f. d. naturw. Unterr.* (*II, Heft 12, S. 540—43; 1909*) sehr beachtenswerte Ausführungen. Der Verfasser stellt hauptsächlich über verschiedene Einzelheiten in gebräuchlichen Lehrbüchern zeitgemäße kritische Betrachtungen an, die dadurch noch an Wert gewinnen, daß er nicht nur Unlogisches oder Unschärfen des Ausdrucks rügt, sondern zumeist auch gleich andeutet, wie die Fassung besser zu gestalten sei. Die genaueren Titel der Lehrbücher sowie die Seitenangaben sind aus der Originalabhandlung zu ersehen. Zunächst werden die Grundbegriffe „Körper" und „Stoff" behandelt. Es wird bemängelt, daß in dem Leitfaden von Henninger, in dem auf S. 1 der Unterschied zwischen Körper und Stoff darzulegen versucht und Schwefel als Beispiel eines Stoffes genannt wird, es nachher auf derselben Seite heißt: ‚Schwefel ist . . . ein fester gelber spröder Körper.' Der Verfasser bemerkt hierzu: „Es ist mir wohlbekannt, daß fast in der gesamten chemischen Literatur das Wort ‚Körper' für den Begriff ‚Stoff' gebraucht wird; man spricht von Fettkörpern und wohl nie von Fettstoffen. Aber ein Fehler wird dadurch nicht zur Tugend, daß ihn viele begehen . ." — Verwirrung kann, in demselben Leitfaden, der Satz anrichten: ‚Die zur Einleitung der Oxydation nötige Energie (Arbeit) in Form von Wärme bezeichnet man als Entzündungstemperatur.' Nicht weniger als drei Begriffe sind hier durcheinandergeworfen: Energie oder Arbeitsfähigkeit, Arbeit und Wärmegrad. — Von weiteren Grundbegriffen gibt besonders die Verwandtschaft zu bemerkenswerten Unklarheiten Veranlassung. Wenn es in Arendts Leitfaden heißt ‚dem Chlor nahe verwandt sind: Brom . . . Jod . . . Fluor' und an anderer Stelle ‚die Kraft, welche die einzelnen Atome des Moleküls einer chemischen Verbindung zusammenhält, heißt Affinität oder chemische Verwandschaft', so könnte ein aufmerksamer Schüler nicht ganz mit Unrecht schließen: Chlor, Brom, Jod und Fluor werden als nahe Verwandte sich recht fest binden. Um diesen Fehler zu verhindern, werde, bei John und Sachsse, vorgeschlagen, Affinität mit dem alten Ausdruck „Wahlverwandschaft" zu übersetzen und demnach zwischen „wahlverwandten" und „chemisch verwandten" Stoffen zu unterscheiden — wovon man sich indessen nicht viel versprechen könne. Besser sei der Vorschlag, bei Lorscheid, Affinität durch „Bindekraft" wiederzugeben und wie auch bei Rüdorff

in beiden Ausgaben und bei Bräuer nicht von verwandten, sondern nur von „ähnlichen" Stoffen zu sprechen. [Ref. möchte hierzu bemerken, daß der sehr ähnliche Ausdruck „atombindende Kraft" vielfach an Stelle von „Wertigkeit" in Gebrauch ist. Der Begriff „ähnlich" bzw. „chemisch ähnlich" ist wohl zuerst von Wilbrand in bestimmter Formulierung in den Unterricht eingeführt worden. Jedenfalls ist der Rat des Verfassers, mit dem vagen Begriff Affinität vorsichtig umzugehen, und, wo es am Platze ist — z. B. bei der Zersetzung des Wassers mittels der Metalle sowie bei der Wasserbildung aus den Metalloxyden mittels des Wasserstoffs —, lieber von chemischem Gleichgewicht und von Massenwirkung zu sprechen, sehr beherzigenswert.]

Ein schwererer, häufig bei der Besprechung von chemischen Umsetzungen gemachter Fehler liegt vor, wenn, z. B. in Wilbrands Leitfaden, gesagt wird: ‚Aus Salzen können die Säuren durch stärkere Säuren, die Basen durch stärkere Basen ausgeschieden werden.' Der Satz verleitet erstens zu einer falschen Begriffsbestimmung der Stärke einer Säure, und zweitens ist er als solcher geradezu falsch, „denn Schwefelsäure treibt aus Kochsalz die in Wahrheit stärkere Salzsäure aus; diese wiederum aus Silbersulfat die Schwefelsäure". Der Verfasser empfiehlt dann, die chemischen Umsetzungen ganz allgemein so darzustellen, daß sich zwischen den beteiligten Stoffen ein Gleichgewicht herstellt, das beständig gestört wird, wenn einer der möglichen Stoffe leicht flüchtig oder schwer löslich ist. [Zunächst sei als erfreulich bezeichnet, daß der Verfasser — wie aus dem zitierten Satze hervorgeht — die Ausdrucksweise: „eine Säure (z. B. Schwefelsäure) könne aus einem Salz (z. B. Kochsalz) die andere Säure abscheiden", nicht an sich perhorresziert; es geschieht dies neuerdings vereinzelt unter der Begründung, daß in dem Salz (Kochsalz) gar keine Säure enthalten sei. Demgegenüber ist zu betonen, daß die genannte Ausdrucksweise, wenn auch nicht nach jeder Richtung hin stichhaltig, doch außerordentlich prägnant ist, daß sie wichtige Vorgänge, auch sehr wichtige Naturvorgänge (z. B. den Kaolinisierungsprozeß) in kürzester Form kennzeichnet, weshalb sie auch in ganz modernen Büchern (wie Ostwalds) nicht verschmäht wird. Richtig ist wohl, die vom Verfasser empfohlene Auffassung als letztes Ziel gelten zu lassen, zur Erreichung aber dieses Ziels, das für den Anfang noch zu abstrakt ist, die genannten, große Gruppen von Erscheinungen umfassenden Hilfssätze gleichsam als Etappen zu benutzen.] — Sehr bedauert wird ferner, daß vielfach die Begriffe Säure, Basis, Salz nicht scharf bestimmt werden. Stark gerügt werden z. B. die im Leitfaden von Levin vorkommenden Sätze: „Jede Säure ist eine Wasserstoffverbindung, deren Wasserstoff durch Metalle vertreten werden kann unter Bildung von Salzen. — Ein Salz entsteht, wenn der Wasserstoff in einer Säure durch ein Metall vertreten wird". Es sollte doch einleuchten, daß man nicht Säure mit Hilfe von Salz erklären kann, wenn man Salz durch Säure erklärt. Man wird auch für vieles zwei Definitionen, eine für die Unterstufe und eine für die Oberstufe nötig haben, weil die beiden Forderungen didaktischer Zweckmäßigkeit und logischer Schärfe nicht immer miteinander zu vereinen sind.

Bei den Untersuchungen der Luft und den Verbrennungserscheinungen wird anscheinend überall in den Schlußfolgerungen an einer Stelle ein Sprung gemacht. Es wird eine gemessene Menge Luft über ein erhitztes Metall geleitet und aus dem Versuchsergebnis, bei Arendt, geschlossen, „daß ein Teil der Luft ... sich mit dem Metall verbindet. Die Aschen bestehen aus Metall, verbunden mit einem Teil der Luft". Dieser Schluß ist nicht der einzig denkbare. Weil bisher noch nicht davon die Rede war, daß die Metalle Grundstoffe sind, so ist noch ein zweiter (dem Verfasser im Unterricht tatsächlich entgegengehaltener) Schluß denkbar: Das Metall gibt bei der Verbrennung ein Gas ab und verbindet sich dafür mit der Gesamtmenge der Luft. Nur einem oberflächlichen Menschen kann dieser Schluß lächerlich erscheinen; es braucht nur an die lange Herrschaft der Phlogistontheorie erinnert zu werden. [Der Verfasser berührt hier einen besonders schwachen Punkt fast sämtlicher Lehrgänge; Ref. sucht in seinem Lehrgange (Leitf. d. Chemie) die gerügte logische Ungenauigkeit zu vermeiden, indem dort ausdrücklich auf die Wichtigkeit des Umstandes, daß die Metalle gemäß dem bisherigen Gange der Untersuchungen bereits als Grundstoffe erkannt wurden, aufmerksam gemacht ist. Diese ganze Ausführung des Verfassers bildet übrigens eine wertvolle Ergänzung zu den Argumenten, die Ref. gegen die Luftuntersuchung als Beginn des chemischen Gesamtlehrganges geltend gemacht hat (diese Zeitschr. *XI 261*)].

Den Versuch der Zersetzung von Ammoniakflüssigkeit, ‚die zuvor durch den Zusatz von gesättigter Kochsalzlösung für die

Elektrizität leitend gemacht ist', vorzunehmen und dann, wie es in Levins Leitfaden geschieht, zu schließen, folglich wird die Zersetzung des Ammoniakgases durch die Formel NH_3 ausgedrückt', wird zu den leichtfertigen Schlußfolgerungen gerechnet, denn der Schüler, dem vorher die elektrische Zerlegung der Kochsalzlösung mitgeteilt ist, wird dieses „folglich" leicht ad absurdum führen. An die Mitteilung ähnlicher Fälle schließt der Verfasser die Forderung, daß man im Schulunterricht vermeiden müsse, aus verwickelten Vorgängen vorzeitig Schlüsse zu ziehen. Überhaupt wird, mit Recht, vor zu weitgehenden Anforderungen an die Denkkraft der Schüler gewarnt. Wenn, bei Arendt, verlangt wird: ‚Die Schüler haben die den chemischen Erscheinungen zugrunde liegenden Ursachen selbst aufzufinden und die zum Ziele führenden Versuche und die Art ihrer Ausführung auszudenken. Der Versuch werde stets zur Erforschung einer Ursache veranstaltet; die Theorie werde aus der Beobachtung entwickelt, und zwar müssen die Schüler die allgemeinen Begriffe und Regeln selbst ableiten', so sind Schüler, die all das können, als des Unterrichts nicht mehr bedürftig zu bezeichnen; denn sie überragen dann an Geisteskraft einen Faraday oder Bunsen. Es ist also eine schlimme Täuschung, die Schüler für fähig zu halten, dasselbe, ja sogar mehr zu leisten als große Forscher. Was im Unterricht durch Fragen wirklich erreicht werden kann, ist eine Übung im logischen Denken, wenn die Schüler gezwungen werden, ähnliche Gedankengänge zu gehen, wie sie die großen Forscher gegangen sind — wohlgemerkt ähnliche und durchaus nicht dieselben. Wir führen unsere Schüler Wege, auf denen die großen Entdeckungen hätten gemacht werden können, und wir müssen dabei vieles als Tatsache einfach mitteilen, was lediglich durch Probieren und nicht durch irgendwelche Denkoperationen gefunden worden ist, weil es durch logische Schlußfolgerungen überhaupt nicht gefunden werden kann. Hinfällig wird daher auch Arendts Forderung: ‚Der Lehrgang muß in formaler Hinsicht ein zusammenhängendes Ganze bilden; er muß ein wirkliches Lehrgebäude sein, dessen Teile logisch miteinander verknüpft sind.' Ein derartiges Lehrgebäude ist gar nicht möglich. Die Logik kann immer nur in den einzelnen Untersuchungen stecken. Bei ihrer Aneinanderreihung wird man freilich einen Plan zugrunde legen müssen; ein leitender Gedanke muß für den Kundigen zu erkennen sein. Während die meisten Bücher die Einteilung nach den Elementen vornehmen, hatte Arendt eine Anordnung nach Reaktionen getroffen, und diese ist auch in den neuen Auflagen beibehalten worden, obgleich das alte Gewand zu den neu vorgetragenen Lehren der physikalischen Chemie nicht mehr recht passen will. Bei Wilbrand, Levin, Börner, Scheid und anderen wird eine Anzahl teils natürlich vorkommender, teils künstlich dargestellter Stoffe in geschickter Weise einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Ein leitender Gedanke für die Auswahl und Anordnung der Stoffe ist jedoch nicht zu erkennen. „Der am nächsten liegende Gedanke für die Anordnung, der geschichtliche Gedanke, ist, soviel ich weiß, nur in einem einzigen Lehrbuch wirklich durchgeführt. Ohmann (Leitfaden der Chemie und Mineralogie) spricht es allerdings nicht besonders aus, daß der Weg, den er einschlägt, im großen und ganzen der Weg der Chemie gewesen ist; aber es ist doch so. Er geht von den Mineralien aus, also von den natürlich gegebenen Ausgangsprodukten. Die Schüler werden genötigt, Gedankengänge, die wirklich zu Entdeckungen geführt haben, noch einmal mit aller logischen Schärfe zu durchlaufen usw." [Ref. glaubt hierzu die Bemerkung schuldig zu sein, daß bei der Abfassung seines Lehrbuches der „geschichtliche Gedanke" wohl als ein wichtiger Gesichtspunkt festgehalten wurde, wenn er auch nicht der leitende und alleinige Gedanke war. Ursprünglich leitend war der Wunsch, auf möglichst einfache Weise mittels Untersuchungen ausschließlich von Naturkörpern, und zwar, soweit möglich, an der Hand einer bestimmten systematischen Gliederung der letzteren, in die gegebene Natur und ihre chemischen Gesetze einzuführen. Dieser Natur sah sich, historisch genommen, die Forschung — mag sie im Anfange nebenbei auch von noch so phantastischen Gedanken begleitet gewesen sein — ebenfalls nur gegenübergestellt. Und indem die Forschung die in der Natur vorgefundenen Dinge auf ihren Stoff hin untersuchte — wobei naturgemäß die leichteren Erkenntnisse zuerst sich einstellten, z. B. die, auch vom Verfasser besonders erwähnte, Erfassung des Begriffs des chemischen Elementes durch Jungius und Boyle — und in ihre Geheimnisse mehr und mehr eindrang und nunmehr auch Neues zu gestalten vermochte; und indem andrerseits Ref. bei seinem Lehrgange versuchte, möglichst einfach untersuchend und aufbauend vorzugehen, die leichtesten

aus den Naturkörpern gewinnbaren Erkenntnisse zuerst berücksichtigend, künstliche Verbindungen vorläufig beiseite lassend, schwierigere Probleme wie die Verbrennungserscheinungen mitsamt der ganzen Untersuchung der Luft aus dem Anfange verbannend, ergaben sich die mannigfachen vom Verfasser bemerkten Übereinstimmungen mit dem geschichtlichen Werdegange der Chemie gleichsam von selbst.]

Wird die Chemie, fährt der Verfasser fort, nicht als beschreibende Naturwissenschaft behandelt, so ist sie eine vorzügliche Schule der induktiven Logik zu nennen. Denn bei jeder einzelnen Untersuchung wird der Lernende gezwungen, die Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung richtig anzuwenden: Er muß die Bedingungen, unter denen eine Erscheinung eintritt, feststellen; er muß diese Bedingungen ordnen und sichten, aus ihnen Schlüsse ziehen und diese Schlüsse auf ihre Richtigkeit prüfen durch Vergleich mit bereits bekannten Tatsachen und durch Anstellung neuer Versuche; er lernt Begriffe, Theorien und Sätze bilden und sie scharf formulieren. Sache des Lehrers ist es, die Schüler hierbei mit sicherer Hand zu leiten und sie auf die Schwierigkeiten aufmerksam zu machen, unter denen die Forschungsergebnisse errungen worden sind.

„Wird der Unterricht in der Chemie", so schließt der Verfasser seine Arbeit, „in der richtigen Weise erteilt, so stellt er eins unserer allervorzüglichsten Bildungsmittel dar, und wir müssen es aufs lebhafteste bedauern, daß die Schüler der Gymnasien dieses Bildungsmittels so wenig teilhaftig werden."

O. Ohmann.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1908, dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 64. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie, von K. Scheel. 573 S. — II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme, von K. Scheel. 678 S. — III. Abteilung: Kosmische Physik, von R. Aßmann. 590 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1909.

Das verdienstvolle Werk erscheint in einem ein wenig verminderten Umfange, was wohl weniger auf eine Abnahme der wissenschaftlichen Produktion als auf eine größere Knappheit in den Referaten zurückzuführen sein wird. Dennoch genügen die gemachten Angaben zumeist für eine erste Orientierung über den Inhalt der betreffenden Abhandlung; besonders die umfangreiche physikalische Chemie ist reich an trefflich zusammenfassenden Inhaltsangaben. *P.*

Vorlesungen über technische Mechanik. Von Dr. A. Föppl, Prof. a. d. techn. Hochschule in München. Bd. VI: Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik. Mit 30 Abbildungen. 490 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. Geb. M 12.

Während die ersten vier Bände in der vorliegenden Ausgabe des Werkes die einfacheren, für den Ingenieur ausreichenden Lehren umfassen, sollen der 5. und 6. Band weitergehende Bedürfnisse befriedigen. Dieser 6. Band enthält zunächst eine ziemlich ausführliche Darstellung der Lehre von der relativen Bewegung, insbesondere der Bewegung im gleichförmig und im ungleichförmig rotierenden Raum. Daran schließt sich die Mechanik der „mehrläufigen Verbände" (System-Mechanik), worin die Lagrangeschen Gleichungen zur Grundlage genommen sind, dann die Lehre vom Kreisel, worin namentlich die Lehre vom Schiffskreisel und seine Anwendung bei der Einschienenbahn sowie der Kreiselversuch zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde behandelt sind. Ein besonderer Abschnitt ist speziellen Anwendungen, wie den Schwingungen des Zentrifugalregulators, den Schwingungen gekuppelter Maschinen und der Planetenbewegung gewidmet. Den Schluß bildet die Hydrodynamik mit Anwendung auf die Turbinen. *P.*

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 10. umgearbeitete und vermehrte Auflage, herausgeg. von L. Pfaundler. V. Bd., 1. Abteilung, 5. Buch: Magnetismus und Elektrizität, von W. Kaufmann und A. Coehn. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1909. 622 S. M 13.

Der vorliegende Band, von W. Kaufmann verfaßt, erscheint in völlig neuer Bearbeitung und enthält auch eine größere Anzahl von Demonstrationsversuchen, die, soweit sie als logische Grundlage der darauffolgenden Betrachtungen dienen, ausnahmslos vom Verfasser selbst in der angegebenen Form ausgeführt sind; die zugehörigen Abbildungen sind nach photographischen Aufnahmen herges:ellt.

Für die theoretischen Ausführungen ist ein Kompromiß eingeschlagen, da die Formeln der höheren Analysis gemäß der Anlage des Buches vermieden werden sollten, und doch die Denkweise der höheren Analysis bei den Faraday-Maxwellschen Anschauungen nicht wohl umgangen werden konnte. Die vorliegenden 7 Kapitel umfassen: Grundtatsachen des Magnetismus; Theorie des magnetischen Kraftflusses; Grundtatsachen der Elektrostatik; Theorie des elektrischen Feldes; elektrischer Strom; elektrische Maßeinheiten, Gesetze von Ohm, Kirchhoff, Joule; Elektrochemie (von A. Coehn verfaßt). — Besonders aufmerksam gemacht sei auf die Demonstrationsversuche zum Ohmschen Gesetz, die sich an die auch im Schulunterricht vielfach üblichen Verfahrungsarten anschließen, zugleich aber in der Art der Anordnung Neues und Beachtenswertes bieten. *P.*

Kometen, Weltuntergangsprophezeiungen und der Halleysche Komet. Von Dr. F. S. Archenhold. Mit zahlreichen Abbildungen und einem Anhang. 1910. Verlag der Treptow-Sternwarte, Treptow-Berlin. 84 S. M 1,—.

Der bekannte Gründer und Leiter der Treptow-Sternwarte hat in diesem Schriftchen das Wissenswerteste und allgemein Interessante über die Kometen zusammengestellt. Insbesondere sind auf Grund der Berechnungen von Cowel und Crommelin genaue Angaben über den voraussichtlichen Verlauf der diesmaligen Erscheinung des Halleyschen Kometen gemacht. Auch abergläubische Ansichten früherer Zeit, die heut mehr Belustigung als Schrecken erregen, werden mitgeteilt. Neben zahlreichen andern Figuren sind auch die Bildnisse von Halley, dem Berechner, und Palitzsch, dem Wiederentdecker des Kometen im Jahre 1758, in der Schrift enthalten. Der Anhang bietet ein Verzeichnis von 75 alten Kometen-Eindruckblättern. Die Schrift kann auch für Schüler zu bildender Lektüre empfohlen werden. *P.*

Sammlung von Aufgaben zur Anwendung der Differential- und Integralrechnung. Von Friedrich Dingeldey, o. Prof. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. I. Teil. Aufgaben zur Anwendung der Differentialrechnung. Mit 99 Fig. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. 202 S. Geb. M 6,—.

Das Buch wendet sich vorwiegend an die Mathematiker, denen hier Aufgaben aus der Geometrie und auch aus Physik und Technik dargeboten werden, aber auch dem Physiker und Techniker wird das Buch nützlich sein können. Besonders ausführlich ist der Abschnitt über Maxima und Minima, daran schließen sich noch Krümmungskreis und Evolute, Hüllkurven und Hüllflächen. Den Aufgaben sind die Resultate und nötigenfalls genauere Erläuterungen beigegeben. *P.*

Fricks physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Herstellung einfacher Demonstrationsapparate. 7. vollkommen umgearbeitete und stark vermehrte Auflage von Dr. Otto Lehmann, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Karlsruhe. II. Band, 2. Abteilung. Mit 2329 Abbildungen und 14 farbigen Tafeln. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1909. M. 40. —, geb. Hlbfr. M. 43. —

Aus den zwei nominellen Bänden sind in Wirklichkeit vier starke Bände geworden, in denen mit einer erstaunlichen Arbeitskraft das gesamte Material an Demonstrationsmitteln, das heut dem physikalischen Unterricht zu Gebote steht, zusammengetragen ist. Auch die 22 Jahrgänge dieser Zeitschrift haben einen nicht unerheblichen Teil dazu beigesteuert. Die vorliegende letzte Abteilung umfaßt die Entladungen, die Strahlung, die Optik im engeren Sinne, die Akustik, ferner auch zwei Kapitel über Biophysik und Psychophysik. Hier gehen manche Erörterungen über den Rahmen, der durch die Bestimmung des Werkes gegeben ist, hinaus; auch in anderen Kapiteln ist mehrfach weiter auf die theoretische Seite eingegangen, als vielleicht unbedingt erforderlich gewesen wäre. Genaue Angaben über die Veröffentlichungsstellen, in der Regel auch die Bezugsquellen und den Preis der beschriebenen Apparate erhöhen die Brauchbarkeit des Buches. Nicht weniger als 198 Seiten mit Nachträgen, besonders über solche Unterrichtsmittel, die während des Druckes erschienen sind, bilden den Schluß des Bandes. In einem besonderen Schlußwort spricht sich der Verfasser über einige allgemeine Unterrichtsfragen aus. Er beanstandet insbesondere, daß an den höheren Schulen der Physiklehrer in der Regel auch Mathematik unterrichten müsse; doch ist dies in praxi weniger bedenklich, als wenn, wie nicht selten, der Mathematiker Physik unterrichtet, ohne hinreichend experimentell geschult zu sein. Daß die Verbindung der Lehrbefähigungen für beide Fächer obligatorisch gemacht werde, dagegen sprechen allerdings manche triftige Gründe. Beachtenswert erscheint der Vorschlag des Verfassers, man solle auch technische Physiker (an Technischen Hoch-

schulen) ausbilden, denen ausschließlich der Unterricht in Physik und Chemie an Realanstalten zu übertragen sei. *P.*

General Physics, an elementary text-book for colleges. By Henry Crew, Ph. D., Professor of Physics in Northwestern University, Illinois. New York, The Macmillan Company, 1908. 522 S. Dll. 2,75.

Es ist überraschend zu sehen, in wie hohem Grade dies „Textbuch" systematisch und zum Teil sogar dogmatisch gehalten ist — ein Beweis, wie sehr dem stets mehr oder weniger ungeordneten Verfahren der praktischen Übungen das Bedürfnis nach einer einheitlichen Übersicht des gesamten Stoffs gegenübersteht. Dies Bedürfnis wird auch im Vorwort ausdrücklich hervorgehoben, und zugleich wird als Ziel hingestellt, dem Studierenden ein umfassendes, kompaktes Material von Wahrheiten darzubieten, als Ergebnisse einer Methode, die für ihn durch sein ganzes Leben ein Vorbild und eine Norm klaren und korrekten Denkens bilden sollen. Alles Gesichtspunkte, die auch uns nicht fremd sind. Wir sehen davon ab auf Einzelheiten einzugehen. Erwähnt sei nur, daß weder O. v. Guericke genannt, noch überhaupt eine Kolbenluftpumpe beschrieben ist; statt Robert Mayers ist nur J. P. Joule genannt. Von Robert Boyle wird irrtümlich gesagt, daß er sein Gesetz nur für höheren als Atmosphärendruck nachgewiesen habe; als Galileis Thermoskop wird eine moderne Vorrichtung abgebildet, die wohl das Prinzip, aber nicht mehr die ursprüngliche Form zeigt. Von Demonstrationsapparaten ist besonders das Radiomikrometer von Boys zur Messung der strahlenden Wärme bemerkenswert; zwischen den Polen eines Magneten ist ein Drahtkreis aus zwei verschiedenen Metallen aufgehängt, von deren Lötstellen die eine der Bestrahlung ausgesetzt wird; die Drehung des Drahtrings liefert ein galvanometrisches Maß des erzeugten Thermostroms. *P.*

Lehrbuch der Physik zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. Von E. Grimsehl, Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg. Mit 1091 Figuren im Text, 2 farbigen Tafeln und einem Anhang, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. Leipzig und Berlin, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1909. 1052 S. M 15,—, geb. M 16,—.

Unter den Förderern des physikalischen Unterrichts in Deutschland steht Grimsehl wegen seiner erstaunlichen Erfindungsgabe, seiner Schaffenskraft und seiner unermüdlichen Tätigkeit zweifellos in der ersten Reihe. Seiner Tätigkeit als Konstrukteur neuer Apparate und Versuchsanordnungen, als Schöpfer neuer physikalischer Methoden, als Schriftsteller, Forscher und Lehrer ist nicht zum geringsten Teil die Belebung und der Aufschwung der physikalischen Unterrichtsmethode unserer höheren Schulen in den letzten Jahrzehnten zu verdanken. Von einem Lehrbuch aus der Hand dieses Mannes wird man etwas Besonderes erwarten können, und in der Tat trägt es, wie wenige andere, einen persönlichen Zug. Die physikalischen Gesetze sind zum großen Teil durch eigene Apparate und Versuchsanordnungen erläutert worden; viele Methoden sind originell und bilden meist einen didaktischen Fortschritt gegen die althergebrachten. Der Inhalt und die Menge des Stoffes ist, wie der Verfasser im Vorwort sagt, von ihm in dem Umfange dargestellt, wie er mit einzelnen Schülergenerationen der oberen Klassen den Lehrstoff behandelt hat; dabei ist für die einzelne Generation auf eine gleichmäßige Bearbeitung des ganzen Lehrstoffs Verzicht geleistet, sondern mit jedem Jahrgang ist ein spezielles Gebiet ausführlich behandelt worden; daher ist es nicht möglich, den ganzen Stoff des Lehrbuches in 3 Jahren an einer höheren Schule zu bewältigen. Daß der Umfang des Lehrstoffs die Benutzung des Buches auch in der Hand des Studenten neben den akademischen Vorlesungen rechtfertigt, darf man dem Verfasser ohne weiteres zugeben.

Grimsehl benutzt, freilich in bescheidenem Maße, als Hilfswissenschaft die Infinitesimalrechnung; manche Ableitungen sind sowohl mit als ohne Anwendung des Differentialquotienten gemacht worden; dieses vorsichtige Verfahren erleichtert in der Jetztzeit, in der die Bemühungen Felix Kleins auf Einführung der Infinitesimalrechnung an den höheren Schulen erst allmählich und an einigen Schulen Erfolge zeitigen, den Gebrauch des Grimsehlschen Buches beim Unterricht.

Die in dem Buche zur Herleitung der Gesetze benutzte Methode ist durchweg induktiv; der Leser wird vom Besonderen zum Allgemeinen, von Einzelbeobachtungen zum Gesetz geführt. Als mustergültiges Beispiel hierfür sei die Behandlung der Wasserwellen (S. 382 ff.) genannt. Das Huygenssche Prinzip, das in anderen Büchern bei der Behandlung der Reflexion, der Brechung und der Interferenz von Wellen als unbewiesene Annahme an den Anfang gestellt wird, ist im Grimsehl-

schen Buche direkt durch einen schönen Versuch hergeleitet, indem eine durch periodisches Eintauchen eines langen schmalen Blechs in Wasser erzeugte Frontwelle gegen eine spaltförmige Öffnung trifft, hinter der sich ein neues kreisförmiges Wellensystem mit dem Spalt als Mittelpunkt ausbildet.

Als einleitendes Kapitel der Physik wählt Grimsehl die Methoden und Apparate zur Längen-, Volumen-, Gewichts- und Zeitmessung; wenn auch in der neueren Zeit bedenken gegen diese Einführung erhoben worden sind, (vgl. die Vorrede zu Höflers Physik, S. XIV und XV), so hat sie doch zweifellos den großen Vorzug, daß sie gleich zu Beginn des Unterrichts eine organische Verbindung zwischen theoretischem Unterricht und Schülerübungen mühelos ermöglicht, da der Schüler die Mehrzahl der nötigen Apparte in ihrer Theorie und Handhabung leicht begreift und die Anschaffung der Hilfsmittel keine großen Kosten verursacht.

Die alte Einteilung der Mechanik in Statik und Dynamik ist in dem Buche nicht gemacht worden. Statt ihrer ist, wie bei Höfler, zwischen reiner Bewegungslehre (Phoronomie) und der Lehre von den Kräften (Dynamik) unterschieden. Dabei sind immer scharf Bedeutung, Tragweite und gegenseitige Beziehungen von Beobachtungen, Gesetzen und Hypothesen hervorgehoben. Es verdient dies besonders erwähnt zu werden, da leider in einigen neueren Lehrbüchern allgemeine Prinzipien, Theorien oder Hypothesen als das Bekannte an den Anfang gestellt und durch Deduktion die übrigen Lehren abgeleitet werden.

Das Charakteristische an dem Buche sind, wie bereits erwähnt, die neuen Apparate und Versuchsanordnungen des Verfassers; es ist hier nicht möglich, sie alle zu skizzieren; nur einige der neuen Methoden seien wegen ihrer allgemeinen Bedeutung kurz erwähnt: Behandlung der Wurfgesetze und Einführung der Begriffe „Kraft, Masse und Energie“ mit der Eureka-Pistole, die kinetische Massenbestimmung mit dem Doppelgeschütz, der experimentelle Nachweis des Projektionssatzes, die neuartige Behandlung der sogenannten einfachen Maschinen, die experimentelle Bestätigung der Trägheitsmomentenformel $T_a = T_s + M \cdot a^2$; die Behandlung der Wellenlehre, die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents, die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in Luft, Wasser und Glas, eine Reihe neuer Apparate für die Doppelbrechung und Polarisation des Lichts; der Nachweis des Coulombschen Gesetzes mit der Polwage und die Bestimmung der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus; der Abfall der elektrischen Spannung in einem stromdurchflossenen Leiter; die Bestimmung des Verhältnisses der von einer Glühlampe ausgestrahlten Wärme- und Lichtmenge; die Messung der Dielektrizitätskonstanten; die experimentelle Herleitung der elektrischen Spannungseinheit bei Induktionsströmen u. a. Daß freilich die Fülle der neuen Apparate, die sich nur zum geringen Teil mit einfachen Hilfsmitteln herstellen lassen, die Benutzung des Buches einem Lehrer, der nicht im Besitz jener Apparate ist, außerordentlich erschwert, läßt sich nicht leugnen, kann aber nicht als Nachteil des Buches angesehen werden.

Einige kleinere Mängel werden sich bei einer Neuauflage leicht beseitigen lassen. Bei der Definition des Temperaturkoeffizienten eines elektrischen Leiters (S. 775) fehlt die Angabe, daß die Widerstandsänderung sich auf 1 Ohm bezieht. Die Erklärung der Empfindlichkeit einer Wage (S. 14) muß die Angabe enthalten, um wieviel Skalenteile die Wage bei einer Belastung durch ein gewisses Übergewicht ausschlägt. Bei der Erwähnung des 3. Newtonschen Bewegungsgesetzes (S. 82 u. 83) ist die Bemerkung, daß bei der Einführung des Massebegriffs die Wirkung zweier Körper aufeinander als gleich vorausgesetzt wurde, nicht richtig; denn es wurde im § 32, auf den sich die Bemerkung bezieht, nur die Wirkung der Pulverladung auf beide Körper und nicht die Wirkung des einen Körpers auf den anderen untersucht.

In § 21 (S. 35) behandelt Verfasser ganz allgemein die Begriffe: Beobachtung, Versuch, Gesetz; induktive Methode, Hypothese, deduktive Methode. Hier ist die deduktive Methode nicht scharf genug gekennzeichnet worden, denn sie ist teilweise identifiziert mit der indirekten induktiven Methode (vgl. Höfler, Physik, S. 789). Die deduktive Methode geht aus von einem bekannten, allgemeinen Begriff und leitet daraus durch logische Schlüsse das unbekannte Besondere her; die indirekte induktive Methode geht aus von einer unbewiesenen Annahme, leitet daraus irgendwelche neue Beziehungen ab und prüft diese experimentell. Erweist der Versuch diese Beziehungen als richtig, so wird der Rückschluß gemacht, daß die Annahme richtig ist. Der Begriff der Arbeitshypothese am Schuß des § 21 ist aus den gegebenen Erklärungen nicht verständlich.

Die philosophisch klingende Behauptung (S. 83): „eine Kraft, losgelöst von einer Masse,

ist nicht nur nicht vorhanden, sondern auch nicht denkbar" ist für den Leser nicht so verständlich, wie sie in dem Buche hingestellt wird, und die zur Erläuterung gegebenen Beispiele genügen auf keinen Fall als Beweis. Der Foucaultsche Versuch zur direkten Ermittelung der Lichtgeschwindigkeit in Luft und Wasser, der wegen der endgültigen Entscheidung zwischen Emissions- und Undulationstheorie eine so große Wichtigkeit hat, hätte wohl erwähnt sein müssen. Die Eigenschaften der Wechselströme könnten ausführlicher behandelt sein; wenigstens dürfte die Tatsache, daß ein Kondensator für einen Wechselstrom einen endlichen Widerstand besitzt, nicht fehlen. In der Lehre vom Galvanismus sind die verschiedenen Schaltungen der Elemente, die Eigenschaften der Selenzelle und die Fernphotographie nicht erwähnt.

Der Verfasser hat es vermieden, in dem Lehrbuche auf seine Orginalarbeiten zu verweisen; manchem Leser würden solche Hinweise zweifellos erwünscht sein. Im übrigen darf der Verfasser des warmen Dankes seiner deutschen Fachkollegen für die Abfassung seines Buches versichert sein.

Gr.-Lichterfelde. *Wilhelm Bahrdt.*

Ludwig Tesar. Die Mechanik. Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort. Mit 111 Fig. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1909. 220 S. M 3,20, geb. M 4.—

Als Ziel des physikalischen Unterrichts, des heutigen oder zukünftigen, gilt dem Verfasser die Hinführung zu einer Weltanschauung. Dadurch erklärt sich die Bedeutung des zwanzig Seiten langen „metaphysischen Nachworts". Auf Kosten Ostwalds und Machs wird hier E. v. Hartmann, „der tiefste Denker der Deutschen in den letzten Jahrzehnten" verherrlicht.

Die eigentliche Mechanik umfaßt nur 190 Seiten. Davon sind noch die Einschaltungen abzuziehen, die den ungeschulten Leser in die höhere Analysis einführen sollen. Diese Stellen sowie der mathematische Anhang, in dem a^2, $\sin \alpha$ usw. definiert und schließlich einfache Trägheitsmomente berechnet werden, sind für den in Betracht kommenden Leserkreis entbehrlich.

Zweierlei fällt in diesem Lehrbuch auf: 1. die gerade in der Mechanik beliebte Systematik ist gänzlich aufgegeben; 2. „rein" mechanische Prozesse werden zugunsten der natürlichen Vorgänge nach Möglichkeit von der Betrachtung ausgeschlossen. Beides hängt innerlich zusammen. Die Gesetze der analytischen Mechanik, ihre Ableitung und Anwendung sind eben nicht der Hauptzweck der Darstellung. Sie werden nur nebenher kurz — stets zu kurz — erwähnt, wo sie gebraucht werden.

Die zahlreichen Beispiele sind meistens glücklich gewählt. Sie sind der Ballistik, dem täglichen Leben, dem Zirkus, der Technik usw. entnommen. Größere Ausführlichkeit ist fast durchweg wünschenswert: für den Unkundigen ist z. B. unzureichend, was über den Rohrrücklauf, über den Radfahrer in der Kurve, über den stoßfreien Austritt des Wassers aus der Kreiselpumpe, den Massenausgleich bei Lokomotiven u. a. gesagt ist. Auch bei den Aufgaben über Fachwerke sind trotz weiser Beschränkung auf die einfachsten Verhältnisse und trotz der Verzichtleistung auf die in der graphischen Statik ausgebildeten Methoden die Darlegungen zu knapp. Durch die Heranziehung vieler praktischer Probleme erhält das Buch eine Hinneigung zu den Lehrbüchern der technischen Mechanik. Vor zu großer Annäherung wird es durch die zahlreich eingestreuten philosophischen Betrachtungen bewahrt.

In der Vorrede wird der Anspruch auf höchste Klarheit erhoben. Man prüfe diesen Anspruch an irgendeiner „Ableitung", oder man suche etwa an einem typischen Beispiel, der Beanspruchung eines Balkens auf Biegung (S. 112 ff.), zu entscheiden, was Erfahrung, was Hypothese, was Folgerung oder Mitteilung von Resultaten ist. Im Interesse der Klarheit wird der übliche Begriff „Kraft" durch „Kraftäußerung" ersetzt, während der Name „Kraft" der hinter den beobachtbaren Wirkungen zu suchenden Kraft an sich vorbehalten bleibt. Die Unterscheidung ist nicht neu, die Namenänderung wird hoffentlich allgemein abgelehnt.

Zum Schluß noch einige kurze Bemerkungen. Die Polemik gegen die „rollende Reibung" erscheint unberechtigt; die Angabe (S. 152) über das Yard ist mißzuverstehen, vielleicht falsch; für die Verbreitung der Kenntnis, daß eine „Pferdekraft" gleich einer englischen „Pferdestärke" ist, gebührt dem Verf. wenig Dank; gegen die Messung der Leistung in sek mkg statt in der einzig zulässigen Einheit mkg/sek ist entschieden Einspruch zu erheben (S. 59, 58); beim Wattschen Parallelogramm fehlt die Hauptsache, der Gegenlenker. Am schlimmsten ist aber im letzten Abschnitt „Die Maschinen" die Behandlung des zweiten Hauptsatzes, dessen Sinn etwa sein soll: rein mechanische Vorgänge sind unmöglich. „Zu einem perpetuum

mobile der zweiten Art würden die Maschinen, falls ihre Bewegungswiderstände unberücksichtigt blieben“ (S. 184).

Besonders lobend hervorgehoben sei der Abschnitt über das Pendel (S. 147—168).

Druckfehler: S. 115 im Resultat der Integration zwei Versehen; S. 93 ist 1 Zentner = 100 kg; S. 145 Erdradius; in Fig. 84 ist die zu 5^0 gehörige Ordinate 10 mal zu groß angegeben. *L. Lewent, Berlin.*

1. **Chemisches Praktikum** (Qualitative Analyse) für höhere Lehranstalten. Von H. Walland, Prof. f. allgem. u. analyt. Chemie a. d. k. k. Lehranstalt f. Textilindustrie in Brünn. Wien und Leipzig, F. Deuticke, 1900. 100 S. 2 K; geb. 2 K 40 h.
2. **Chemisches Praktikum** für Anfänger, mit Berücksichtigung der Technologie. Von Prof. Dr. A. Binz am Chem. Inst. der Handelshochschule in Berlin. Berlin, G. Reimer, 1909. 154 S.
3. **Beilsteins Anleitung zur qualitativen Analyse.** 9. Aufl. Neu bearbeitet von E. Winterstein, Prof., und G. Trier, Assistent am Polytechnik. in Zürich. Leipzig, J. A. Barth, 1909. 80 S. M 2; geb. M 2,60.
4. **Birnbaums Leitfaden der chemischen Analyse.** 8. verb. u. verm. Aufl., bearbeitet von Dr. E. Dieckhoff, Prof. a. d. Techn. Hochsch. in Karlsruhe. Leipzig, J. A. Barth, 1909. XII u. 198 S. M 4, geb. M 4,80.

1. Der Zusatz „für höhere Lehranstalten“ ist so zu verstehen, daß das Buch für die Anfänger an den Hochschulen sowie für die Studierenden an den höheren Gewerbeschulen chemisch-technischer Richtung bestimmt ist. Der Verwendung an den österreichischen Oberrealschulen und höheren Handelsschulen wird zwar gleichfalls gedacht, doch wird hier die Weglassung der beiden letzten Teile — Analyse zusammengesetzter Lösungen bzw. fester Substanzen — empfohlen. In den ersten vier Teilen werden behandelt Reaktionen der Kationen und Anionen auf nassem Wege, die Analyse einfacher Lösungen, Reaktionen auf trocknem Wege und das Verhalten der festen Substanzen zur Schwefelsäure, Analyse einfacher fester Substanzen. Ein umfangreicher Anhang enthält sehr genaue Angaben über die Reagenzien und ihre Herstellung sowie über die geeignete Beschaffenheit der zu verwendenden Lösungen. Das Buch berücksichtigt die Ionenanschauung und zeichnet sich durch große Klarheit und Übersichtlichkeit aus, wozu auch der Kunstgriff beiträgt, in den Gleichungen die ausfallenden Stoffe in fettgedruckten Formeln hervortreten zu lassen. Das Buch ist angelegentlich zu empfehlen.

2. Dies Buch ist speziell aus den Bedürfnissen der Handelshochschulen hervorgegangen. In diesen Instituten, deren weitere Entwicklung auf allgemeineres Interesse rechnen darf, stellte es sich heraus, daß der übliche, in den praktischen Anleitungen seit Liebig befolgte Weg, im wesentlichen nur die wissenschaftlichen Grundlagen der chemischen Analyse zu geben, für mehr merkantile Zwecke nicht recht geeignet sei, sondern daß es wünschenswert sei, den Studierenden mit den einfachsten Waren der Großindustrie wie Chilesalpeter, Thomasmehl, Carnallit, Zement u. a. in praktischen Übungen näher bekanntzumachen. Insofern geht also das Buch weiter als manches andre Praktikum, andrerseits nicht so weit, als es, seiner Bestimmung „für Anfänger“ gemäß, die qualitative Analyse nicht ganz umfaßt, sondern nur auf diese vorbereiten will, wenngleich es in manchen Anschauungen, z. B. bei der Elektrolyse, schon recht in die Tiefe geht. Behandelt werden im 1. Teil die Leichtmetalle und ihre Salze, Basen und Säuren, im 2. Teil die Schwermetalle. In beiden Hauptteilen wird sehr zweckmäßig wiederholt von Mineralien ausgegangen. Die Versuche zeichnen sich durch Einfachheit aus. Das Buch erscheint seinem Zwecke vorzüglich angepaßt.

Bei beiden Büchern ist noch das Vorhandensein eines Sachregisters lobend zu erwähnen.

3. Die vorliegende Auflage stellt eine Neubearbeitung dar. Das Buch zerfällt in 3 Teile: 1. einen kurzen, aber inhaltreichen, das „Allgemeine“ enthaltenden Teil — hier werden hauptsächlich die Anwendungen der Ionentheorie auf die Analyse behandelt —, 2. „Beispiele zu Übungen in der Analyse“ — hier werden an zweckmäßig ausgewählten Verbindungen und Elementen die wichtigsten Reaktionen eingeübt —, 3. den „systematischen Gang der Analyse“. Die Neubearbeitung zeigt sich besonders in der Einfügung des 1. Teiles sowie darin, daß auch im 2. Teile auf die Ionen und ihre Reaktionen hingewiesen wird; auch wurden im 3. Teile mehrere Reaktionen und Trennungsmethoden neu aufgenommen. Das handliche und sorgfältig gearbeitete Buch wird sich in der neuen Ausgabe sicher noch weitere Freunde erwerben.

4. Verglichen mit den vorgenannten Anleitungen steht dieses Buch dem zuletzt besprochenen am nächsten. Es ist jedoch sehr viel reichhaltiger und trägt auch den ver-

schiedenen auf einer technischen Hochschule vorhandenen Richtungen größere Rechnung. Beispielsweise finden sich, speziell im Hinblick auf die Pharmazeuten, die giftigen Substanzen sehr eingehend berücksichtigt. Auch bei diesem Buch ist es interessant zu sehen, wie die Anschauungen der Ionentheorie gerade auf dem Gebiet der chemischen Analyse sich immer mehr Feld erobern. Das auch in der Neuauflage außerordentlich gründlich bearbeitete Buch bedarf einer weiteren Empfehlung nicht. *O.*

Die Kohlensäure, ihre Herstellung und Verwendung. Von Dr. O. Kausch. Mit 47 Abbild. Hannover, Dr. M. Jänecke, 1909. 152 S. M 3,—.

Dieser 121. Band der „Bibliothek der gesamten Technik" behandelt in leichtfaßlicher Form zunächst die verschiedenen Herstellungsarten der gasförmigen wie der flüssigen Kohlensäure — wobei insbesondere auch die verschiedenen Patentschriften und deren Abbildungen Berücksichtigung finden —, ferner die außerordentlich mannigfaltigen Verwendungen der Kohlensäure in der Technik. Eine nützliche Beigabe sind weiterhin die Verordnungen betreffend den Verkehr mit verflüssigten und verdichteten Gasen, die Unfallverhütungsvorschriften u. ähnl. Das Buch ist als eine recht zweckmäßige Monographie des Kohlendioxydes weiteren Kreisen zu empfehlen. *O.*

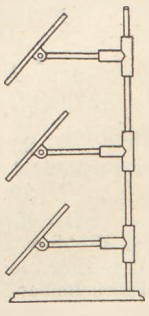
Wasser und Abwasser. Zentralblatt für Wasserversorgung und Beseitigung flüssiger und fester Abfallstoffe. Herausgeg. von Dr.-Ing. A. Schiele, Kgl. Bauinspektor, und Dr. R. Weldert, Mitgliedern der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu Berlin. Erster Band 1909. Leipzig, Gebr. Borntraeger. 621 S. M 30.

Der stattliche Band enthält eine Fülle von Originalaufsätzen und noch mehr von umfassenden Sammelreferaten in gründlichster fachmännischer Bearbeitung. Die hier behandelten Fragen über Wasserversorgung der Städte und über Verarbeitung und Verwertung der Abwasser sind zwar von eminent volkswirtschaftlicher und hygienischer Bedeutung, liegen jedoch den Zwecken dieser Zeitschrift etwas ferner. Nichtsdestoweniger zeigt eine genauere Durchsicht des überaus reichhaltigen Jahrganges die mannigfaltigsten Beziehungen des Gebotenen zur Physik und Chemie, weiterhin auch zur Biologie. So sind die Aufsätze und Mitteilungen über die Farbe der Seen, über eigenartige Trockenlegung von Seen infolge vermehrter Einsetzung von artesischen Brunnen, über einzelne allgemeiner verwendbare Apparate und verschiedene an der Hand von trefflichen Abbildungen erläuterte maschinelle Anlagen u. a. entschieden auch vom physikalischen Standpunkt aus von Interesse, während Themata wie die Enteisenung von Brunnen, die Trinkwasserreinigung durch Ozon, die chemische Untersuchung von Mineralwässern für den Chemiker, teilweise direkt für den chemischen Unterricht, von Wert sind. Viele andere Mitteilungen, z. B. über die Beschaffenheit und die Herkunft des Grundwassers, über Talsperren im Harz, über Quellen und natürliche Mineralwässer usw. sind von so allgemeinem Wert, daß es wohl gerechtfertigt ist, das allgemeinere Interesse auf diese vielseitige neue Zeitschrift hinzulenken. *O. Ohmann.*

Korrespondenz.

Zu dem Artikel von FÜCHTJOHANN: „Ein neuer Apparat zur Demonstration der Erscheinungen der Ebbe und Flut" (*d. Jahrgang, Heft 1, S. 33*) sind von Herrn J. Bürzle in Memmingen und von Herrn W. Dierks zu Fankenberg i. H. Zuschriften eingelaufen, die die Verwendbarkeit des Apparats zur Erklärung der Ebbe und Flut in Abrede stellen. Demgegenüber bemerkt Herr FÜCHTJOHANN, daß er mit seinem Apparat nicht die bei der Erscheinung wirkenden Kräfte darstellen, sondern nur der Auffassung des Vorgangs durch die Anschauung zu Hilfe kommen wolle. Dies aber ermögliche der Apparat in befriedigender Weise. — Bezüglich der Erklärung der Erscheinung sei auf den Aufsatz von E. Grimsehl in der Zeitschrift für den math. u. naturw. Unterricht, Jahrg. 38, Heft 3, S. 189—192 verwiesen.

In dem Aufsatz von H. TEIKE „Einfache Demonstration von Farbmischungen" — diese Zeitschr., *Heft II. 1910, S. 97* — ist die Fig. 1 zum besseren Verständnis um 90° nach links gedreht zu denken (s. beistehende Figur).



Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1910.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Juni						Juli					
		2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27
☿	AR	$3^h\,54^m$	3 51	3.56	4. 7	4.26	4.52	5.24	6. 3	6.47	7.34	8.19	9. 1
	D	$+17^0$	$+16^0$	$+16^0$	$+17^0$	$+19^0$	$+20^0$	$+22^0$	$+23^0$	$+24^0$	$+23^0$	$+21^0$	$+19^0$
♀	AR	$1^h\,50^m$	2.11	2.33	2.56	3.19	3.42	4. 6	4.30	4.55	5.20	5.46	6.11
	D	$+\ 9^0$	$+11$	$+13$	$+14$	$+16$	$+18$	$+19$	$+20$	$+21$	$+22$	$+22$	$+23$
☉	AR	$4^h\,38^m$	4.58	5.19	5.40	6. 0	6.21	6.42	7. 3	7.23	7.44	8. 4	8.23
	D	$+22^0\ 7'$	$+22^0\,42'$	$+23^0\ 7'$	$+23^0\,22'$	$+23^0\,27'$	$+23^0\,22'$	$+23^0\ 6'$	$+22^0\,40'$	$+22^0\ 5'$	$+21^0\,20'$	$+20^0\,25'$	$+19^0\,22'$
♂	AR	$7^h\,26^m$	7.39	7.52	8. 6	8.19	8.32	8.44	8.57	9.10	9.22	9.34	9.47
	D	$+23^0$	$+23$	$+22$	$+22$	$+21$	$+20$	$+19$	$+19$	$+18$	$+17$	$+16$	$+15$
♃	AR	$12^h\,19^m$		12 20		12.21		12.24		12.28		12.32	
	D	$-\ 1^0$		$-\ 1$		$-\ 1$		$-\ 1$		$-\ 2$		$-\ 2$	
♄	AR	$2^h\ 2^m$						2.13					
	D	$+10^0$						$+11$					
☉	Aufg.	$3^h\,45^m$	3.42	3.39	3.39	3.39	3.40	3.43	3.47	3.52	3.58	4. 5	4.12
	Unterg.	$20^h\,10^m$	20.15	20.20	20.22	20.24	20.24	20.23	20.21	20.17	20.13	20. 6	19.59
☾	Aufg.	$1^h\,47^m$	3.21	8.47	14.51	20.45	23.39	0.37	3.44	10.15	16.12	20.58	22.29
	Unterg.	$13^h\,12^m$	20.41	0. 3	1.14	2.48	8.13	15.13	21.29	23.10	—	3.20	10. 9
Sternzeit im mittl. Mittg.		$4^h\,40^m\ 9^s$	4.59.52	5.19.35	5.39.18	5.59. 0	6.18.43	6.38.26	6.58. 9	7.17.52	7.37.34	7.57.17	8.17. 0
Zeitgl.		$-\ 2^m\,22^s$	$-\ 1\,32$	$-\ 0.34$	$+\ 0.29$	$+\ 1.34$	$+\ 2.37$	$+\ 3.38$	$+\ 4.32$	$+\ 5.18$	$+\ 5.52$	$+\ 6.12$	$+\ 6.19$

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommersanfang am 22. Juni, $8^h\,49^m$ M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Juni 7, $14^h\,16^m$	Juni 14, $17^h\,19^m$	Juni 22, $21^h\,12^m$	Juni 30, $5^h\,39^m$
	Juli 6, $22^h\,20^m$	Juli 14, $9^h\,24^m$	Juli 22, $9^h\,36^m$	Juli 29, $10^h\,34^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	$^3/_4$ bis $1^1/_2$ Stunden als Morgenstern sichtbar	wird in der zweiten Hälfte des Monats unsichtbar	abends zuletzt noch $1^3/_4$ Stunden sichtbar	wird morgens sichtbar
im Juli	unsichtbar	zuletzt 2 Stunden lang als Morgenstern sichtbar	unsichtbar	zuletzt nur noch $^3/_4$ Stunden lang sichtbar	am Ende des Monats bereits 4 Stunden lang vor Morgengrauen sichtbar

Verfinsterungen der Jupitertrabanten (E = Eintritt, A = Austritt):

Juni	1	$21^h\,12^m\,46$	II A	Juni	20	$23^h\,33^m\,39^s$	I A	Juli	2	$22^h\,27^m\,47^s$	III E
	8	23 48 58	II A		25	20 33 48	III A		6	21 52 17	I A
	13	21 38 47	I A								

Ephemeride des **Halleyschen Kometen,** nach Ebell.

	α	δ	lg r	lg Δ	Helligkeit m
Juni 2	$10^h\ 0^m$	$+1^0\,34'$	0,031	9,751	1,0
10	23	$-0\ 25$	0,078	9,938	1.9
18	35	32	0,121	0,066	2,4
26	43	2 20	0,159	0,162	2,8
Juli 4	50	3 2	0,194	0,237	3,5
12	56	43	0,226	0,299	4,3

Der Komet geht danach Anfang Juni um $11^1/_2$ Uhr, Ende Juni aber bereits um 10 Uhr unter. Im Hinblick auf die Helligkeitsabnahme und die langen Dämmerungen dürfte er daher für das bloße Auge nur noch im Anfange des Monats bei Beginn der Dunkelheit im Sternbilde des Sextanten wahrnehmbar sein.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N